



日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

USSN 10/085,797  
Art Unit 1745

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2000年 7月14日

出願番号

Application Number:

特願2000-214241

[ST.10/C]:

[JP2000-214241]

出願人

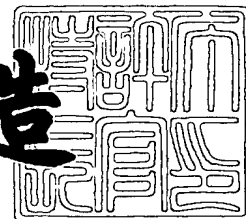
Applicant(s):

日本鋼管株式会社

2002年 3月12日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2002-3016365

【書類名】 特許願

【整理番号】 P00036B

【提出日】 平成12年 7月14日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 C21B 11/00

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日本鋼管株式会  
社内

    【氏名】 岩崎 克博

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日本鋼管株式会  
社内

    【氏名】 磯崎 進市

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号 日本鋼管株式会  
社内

    【氏名】 関口 毅

【特許出願人】

    【識別番号】 000004123

    【氏名又は名称】 日本鋼管株式会社

    【代表者】 下垣内 洋一

【代理人】

    【識別番号】 100083253

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 苫米地 正敏

【先の出願に基づく優先権主張】

    【出願番号】 平成11年特許願第252162号

    【出願日】 平成11年 9月 6日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000- 46617

【出願日】 平成12年 2月23日

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-125192

【出願日】 平成12年 4月26日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 066969

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 金属製錬法及び設備

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも炭材と金属酸化物及び／又は金属水酸化物を予め混合し又は混合・造粒若しくは混合・成形して得られた混合物原料を、回転炉床式又はロータリーキルン式の予備還元炉において金属酸化物及び／又は金属水酸化物の平均金属化率が 5 ～ 5 5 % となるように予備還元する工程 (A1) と、

該工程 (A1) で予備還元された混合物原料を金属製錬用の溶解炉に装入し、該溶解炉において炭材を還元材とし且つ該炭材の燃焼熱と炉内で発生する一酸化炭素の燃焼熱を主たる熱源として溶解及び最終還元する工程 (B1) とを有することを特徴とする金属製錬法。

【請求項 2】 少なくとも炭材と金属酸化物及び／又は金属水酸化物を予め混合し又は混合・造粒若しくは混合・成形して得られた混合物原料を、回転炉床式又はロータリーキルン式の予備還元炉において金属酸化物及び／又は金属水酸化物の平均金属化率が 5 % 超となるように予備還元する工程 (A2) と、

該工程 (A2) で予備還元された混合物原料と、下記 (i) 及び／又は (ii) の金属酸化物及び／又は金属水酸化物とを、

(i) 前記工程 (A2) で予備還元された混合物原料よりも予備還元率の低い金属酸化物及び／又は金属水酸化物

(ii) 予備還元されていない金属酸化物及び／又は金属水酸化物

両者を合わせた金属酸化物及び／又は金属水酸化物の平均金属化率が 5 ～ 5 5 % となるような割合で金属製錬用の溶解炉に装入し、該溶解炉において炭材を還元材とし且つ該炭材の燃焼熱と炉内で発生する一酸化炭素の燃焼熱を主たる熱源として溶解及び最終還元する工程 (B2) とを有することを特徴とする金属製錬法。

【請求項 3】 予備還元炉で予備還元された後払い出された高温の混合物原料を容閉型容器又は非酸化性ガスを気送ガスとする気送装置に収容し、該密閉型容器又は気送装置を用いて 6 0 0 ℃ 以上の温度に保ちつつ溶解炉まで移送し、該溶解炉内に装入することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の金属製錬法。

【請求項 4】 工程 (A2) で予備還元された混合物原料と、(i) 及び／又は (ii) の

金属酸化物及び／又は金属水酸化物とを、両者を合わせた金属酸化物及び／又は金属水酸化物の平均金属化率が5～55%となるような割合で混合した後、これを金属製錬用の溶解炉に装入することを特徴とする請求項2に記載の金属製錬法。

【請求項5】 予備還元炉で予備還元された後払い出された高温の混合物原料を、(i)及び／又は(ii)の金属酸化物及び／又は金属水酸化物とともに密閉型容器又は非酸化性ガスを気送ガスとする気送装置に収容し、該密閉型容器又は気送装置を用いて溶解炉まで移送し、該溶解炉に装入することを特徴とする請求項4に記載の金属製錬法。

【請求項6】 溶解炉の発生ガスの二次燃焼率を20%以上とすることを特徴とする請求項1、2、3、4又は5に記載の金属製錬法。

【請求項7】 混合物原料中の炭材以外に、溶解炉内に炭材を供給することを特徴とする請求項1、2、3、4、5又は6に記載の金属製錬法。

【請求項8】 工程(A1)又は工程(A2)で予備還元された高温の混合物原料（但し、工程(A2)で予備還元された混合物原料には、(i)及び／又は(ii)の金属酸化物及び／又は金属水酸化物が混合されたものを含む）と炭材とを同時に溶解炉内に投入するとともに、投入された混合物原料と炭材の各々の少なくとも一部が混在した状態で炉内を落下し、浴面に達するようにすることを特徴とする請求項7に記載の金属製錬法。

【請求項9】 溶解炉として金属浴型溶融還元炉を用いることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7又は8に記載の金属製錬法。

【請求項10】 予備還元炉の還元帯内において、混合物原料を還元するとともに、混合物原料粒子の表層に酸化層を形成させることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8又は9に記載の金属製錬法。

【請求項11】 予備還元炉の還元帯の一部または全領域における炉内雰囲気の高ス酸化度を30%以上とすることを特徴とする請求項10に記載の金属製錬法。

【請求項12】 予備還元炉に燃焼用ガスとして溶解炉の発生ガスを供給することを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8、9、10又は11に記載

載の金属製錬法。

【請求項 1 3】 溶解炉から排出された後、300℃未満となった溶解炉の発生ガス及び／又は予備還元炉に供給すべき支燃用酸素含有ガスを、予備還元炉からの排出ガスの顕熱及び／又は溶解炉の発生ガスの一部を燃焼させて得られた排ガスの顕熱を用いて予熱した後、予備還元炉に供給することを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11又は12に記載の金属製錬法。

【請求項 1 4】 溶解炉から排出された後、300℃未満となった溶解炉の発生ガス(s)及び／又は予備還元炉に供給すべき支燃用酸素含有ガス(o)を、下記工程(i)及び(ii)により予熱した後、予備還元炉に供給することを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11又は12に記載の金属製錬法。

(i) 前記発生ガス(s)及び／又は前記支燃用酸素含有ガス(o)を、予備還元炉からの排出ガスの顕熱を用いて予熱し、500℃未満の温度に昇温させる工程

(ii) 前記工程(i)で予熱された発生ガス(s)及び／又は支燃用酸素含有ガス(o)を、前記発生ガス(s)の一部を燃焼させて得られた排ガス及び／又は他の燃料を燃焼させて得られた排ガスの顕熱を用いて予熱し、さらに昇温させる工程

【請求項 1 5】 予備還元炉内に混合物原料とともに、溶解炉に装入すべき副原料の少なくとも一部を装入することを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13又は14に記載の金属製錬法。

【請求項 1 6】 予備還元炉内に装入される副原料の少なくとも一部が未焼成の副原料であり、該副原料を予備還元炉内で焼成することを特徴とする請求項 1 5に記載の金属製錬法。

【請求項 1 7】 予備還元炉に装入される混合物原料が、溶解炉の発生ガス中から回収されたダストを含むことを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15又は16に記載の金属製錬法。

【請求項 1 8】 炭材を粒度により分級し、細粒側の炭材を予備還元炉に装入する混合物原料中の炭材として用い、粗粒側の炭材を溶解炉に装入する炭材として用いることを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16又は17に記載の金属製錬法。

【請求項 1 9】 予備還元炉に装入される混合物原料又は該混合物原料とする前の各構成原料の少なくとも一部を、予備還元炉から排出される排ガス及び／又は溶解炉の発生ガスの顕熱及び／又は潜熱を用いて予熱乾燥することを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17 又は 18 に記載の金属製錬法。

【請求項 2 0】 周方向の 2 箇所以上に原料装入口が設けられた回転炉床式の予備還元炉を用い、回転炉床上に前記各原料装入口から順次混合物原料を装入することにより、上流側の原料装入口から装入された混合物原料の原料層が、その下流側の原料装入口から混合物原料が装入されるまでの間、炉内雰囲気により直接的に加熱されるようにして、混合物原料の予備還元を行うことを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18 又は 19 に記載の金属製錬法。

【請求項 2 1】 2 以上の原料装入口が周方向で略等間隔に設けられた予備還元炉を用いて混合物原料の予備還元を行うことを特徴とする請求項 2 0 に記載の金属製錬法。

【請求項 2 2】 回転炉床式の予備還元炉を用い、回転炉床上に原料払出口から払い出しされない粉粒物層を形成しつつ混合物原料の予備還元を行うことを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20 又は 21 に記載の金属製錬法。

【請求項 2 3】 回転炉床式の予備還元炉を用い、回転炉床上の原料層の最下層部に金属酸化物及び／又は金属水酸化物の割合の少ない層を形成しつつ混合物原料の予備還元を行うことを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20 又は 21 に記載の金属製錬法。

【請求項 2 4】 原料層の最下層部が溶解炉に装入すべき副原料からなる層又は該副原料を主体とする層であることを特徴とする請求項 2 3 に記載の金属製錬法。

【請求項 2 5】 回転炉床式の予備還元炉を用い、回転炉床上に、粉粒状原料（但し、混合物原料、金属酸化物及び／又は金属水酸化物、炭材の中から選ばれる

1 種以上の原料) 及び／又は溶解炉に装入すべき副原料の粉粒物からなる装入物、又は前記粉粒状原料及び／又は前記副原料の粉粒物を主体とする装入物を装入した後、回転炉床移動方向の下流側で前記装入物の上層に混合物原料の造粒物及び／又は成形体を装入することを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20 又は 21 に記載の金属製錬法。

【請求項 26】 回転炉床上に装入される粉粒状の装入物の粒径が 0.05～1.0 mmであることを特徴とする請求項 25 に記載の金属製錬法。

【請求項 27】 回転炉床上に装入される粒粒状の装入物が石炭又は石炭を主体とする装入物であることを特徴とする請求項 25 又は 26 に記載の金属製錬法。

【請求項 28】 回転炉床上に装入される粉粒状の装入物が未焼成の副原料又は未焼成の副原料を主体とする装入物であることを特徴とする請求項 25 又は 26 に記載の金属製錬法。

【請求項 29】 回転炉床上の装入物の上層に装入される混合物原料の造粒物及び／又は成形体が、事前乾燥処理を施していない造粒物及び／又は成形体であることを特徴とする請求項 25、26、27 又は 28 に記載の金属製錬法。

【請求項 30】 回転炉床式の予備還元炉を用い、原料払出口から払い出される直前の原料層上に混合物原料、金属酸化物及び／又は金属水酸化物、溶解炉に装入すべき副原料、炭材の中から選ばれる 1 種以上を冷却材として装入し、原料払出口に設けられた原料排出装置により前記冷却材が混合された状態で処理済み原料を炉外に払い出すことを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28 又は 29 に記載の金属製錬法。

【請求項 31】 原料層上に装入される冷却材中の Fe 量 (A) と当該原料層を構成する原料中の Fe 量 (B) の重量比 (A) / (B) が 1 / 10～1 / 1であることを特徴とする請求項 30 に記載の金属製錬法。

【請求項 32】 溶解炉に装入すべき未焼成の副原料を、予備還元炉から排出された高温排ガスと接触させることにより焼成することを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、



17、18、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28、29、30又は31に記載の金属製錬法。

【請求項33】 未焼成の副原料の焼成に用いた高温排ガスで空気を予熱し、この予熱空気を予備還元炉に供給することを特徴とする請求項32に記載の金属製錬法。

【請求項34】 金属酸化物及び／又は金属水酸化物を加熱及び予備還元するための回転炉床式の炉であって、周方向の2箇所以上に原料装入口が設けられていることを特徴とする予備還元炉。

【請求項35】 2以上の原料装入口が周方向で略等間隔に設けられていることを特徴とする請求項34に記載の予備還元炉。

【請求項36】 請求項34又は35に記載の予備還元炉と、該予備還元炉で加熱及び予備還元された金属酸化物及び／又は金属水酸化物を溶解及び最終還元するための金属製錬用の溶解炉とを有することを特徴とする金属製錬設備。

【請求項37】 請求項34又は35に記載の予備還元炉と、該予備還元炉から排出された高温排ガスを導入して、溶解炉に装入すべき未焼成の副原料と接触させることにより該副原料を焼成するための焼成炉と、前記予備還元炉で加熱及び予備還元された金属酸化物及び／又は金属水酸化物を溶解及び最終還元するための金属製錬用の溶解炉とを有することを特徴とする金属製錬設備。

【請求項38】 少なくとも炭材と金属酸化物及び／又は金属水酸化物を予め混合し又は混合・造粒若しくは混合・成形して得られた混合物原料を、予備還元炉において金属酸化物及び／又は金属水酸化物の一部が金属化する状態まで予備還元し、この予備還元された混合物原料を金属製錬用の溶解炉において溶解及び最終還元する金属製錬法であって、

前記溶解炉に装入すべき未焼成の副原料を、前記予備還元炉から排出された高温排ガスと接触させることにより焼成することを特徴とする金属製錬法。

【請求項39】 未焼成の副原料の焼成に用いた高温排ガスで空気を予熱し、この予熱空気を予備還元炉に供給することを特徴とする請求項38に記載の金属製錬方法。

【請求項40】 金属酸化物及び／又は金属水酸化物を炭材とともに装入して加

熱及び予備還元するための予備還元炉と、該予備還元炉から排出された高温排ガスを導入して、金属製錬用の溶解炉に装入すべき未焼成の副原料と接触させることにより該副原料を焼成するための焼成炉と、前記予備還元炉で加熱及び予備還元された金属酸化物及び／又は金属水酸化物を溶解及び最終還元するための金属製錬用の溶解炉とを有することを特徴とする金属製錬設備。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、鉄鉱石などの金属酸化物及び／又は金属水酸化物をその一部が金属化した状態まで予備還元した後、金属浴型溶融還元炉などの金属製錬用の溶解炉で溶解及び最終還元して、金属溶湯を得るための金属製錬法及びその実施に好適な設備に関する。

【0002】

【従来技術】

従来、回転炉床式の加熱炉を用いて鉄鉱石などの金属酸化物・金属水酸化物（以下、従来技術の説明では“鉄鉱石”を例に述べる）を還元製錬して半還元鉄を製造する技術が知られており、このような技術に関して、粉粒状の炭材と鉄鉱石とを混合状態で還元製錬する方法が、例えば「COMET A New Coal Based Processes for the Production of DRI, Ironmaking MPT International Feb.(1997)」に、また、鉄鉱石を炭材を内装してペレット化したものを還元製錬する方法が、例えば「The FASTMET DIRECT REDUCTION PUROCSSES, Ironmaking Conference Proceeding (1993)」や「Charging molten iron into the EAF, New Steel nov.(1997) p.72」に開示されている。

【0003】

そして、このような技術を利用した鉄鉱石の溶融還元プロセスとして、鉄鉱石を炭材とともに回転炉床式の予備還元炉（ロータリーハースタイプ炉、以下“RHF”という）に装入し、鉄鉱石を炭材によって還元鉄（例えば、金属化率90%以上の還元鉄）まで予備還元製錬し、この還元鉄を電気製鉄炉（サブマージドアーク炉、以下“SAF”という）を用いて溶融還元製錬（仕上げ製錬＝溶解及

び最終還元)することにより溶銑を製造する技術(以下、先行技術1という)が知られている。

## 【0004】

一方、金属浴型溶融還元炉を用いた鉄鉱石の溶融還元技術としては、例えば、通称DIOS法、HISmelt法、Romelt法など(「新鉄源の最近の動向」平成8年9月29日、日本鉄鋼協会プロセスフォーラム発行)が知られており、このような溶融還元技術においても、鉄鉱石を炭材とともにRHFに装入して半還元鉄まで予備還元製錬し、この半還元鉄を金属浴型溶融還元炉(以下“SRF”という)で溶融還元製錬(仕上げ製錬=溶解及び最終還元)することにより溶銑を製造する技術(以下、先行技術2という)が特開平11-217614号公報に開示されている。

## 【0005】

これらの先行技術は、いずれも鉄鉱石を極力高い金属化率の半還元鉄に還元製錬した後に仕上げ製錬を行なうことを意図しており、例えば、先行技術1ではRHFによる予備還元製錬で製造する半還元鉄の平均金属化率を90%以上とすることを、また、先行技術2ではRHFによる予備還元製錬で製造する半還元鉄の平均金属化率を60%以上とすることを、それぞれ開示している。

## 【0006】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来技術のように予備製錬還元において高い金属化率の半還元鉄を製造しようとする場合、以下のような大きな問題がある。

図1に、鉄鉱石と炭材、副原料などの混合物原料を粒径10mm程度のペレット状に造粒し、これをRHFで予備還元する場合について、混合物原料の炉内滞留時間と鉄鉱石(半還元鉄)の平均金属化率との関係を示す。同図に示されるように、予備還元処理が進行して鉄鉱石の平均金属化率が90%程度になると還元反応があまり進まなくなり、このため製造される半還元鉄の平均金属化率を90%以上の高水準にするためには、ペレット中心の平均金属化率が90%程度になるまで還元する必要がある。

## 【0007】

ここで、ペレット内の還元反応速度は、一般にペレット内には還元材として十分な量の炭材が存在しているので炭材量が律速になることはなく、一方、ペレット内の還元反応は必要な熱が供給されれば進行することから伝熱速度が律速となる。この還元反応に必要な熱源は、ペレットから発生する可燃性ガスやRHFに別途供給される燃料ガスをRHF内で燃焼することにより与えられる。

## 【 0 0 0 8 】

RHF内でのペレットの還元・焼成過程では、上記燃焼により炉内雰囲気が1400℃程度の高温になり、この高温雰囲気から炉床に積み上げられた原料（ペレット）層の表面に輻射伝熱することで、まず最上層のペレットが加熱され、次いでこの最上層のペレットからの接触伝熱を主体とした伝熱により下層側のペレットが順次加熱されていく。したがって当然のことながら、最上層のペレットは最も早く還元されるのに対して、最下層のペレットは最も還元が遅れ、このため十分な炉内滞留時間が確保されなければ最下層のペレットは金属化率が低いまま排出されることになる。また、原料層の厚さにバラツキがあると、厚さが大きい部分では下層側のペレットの金属化率はより一層低下してしまう。

## 【 0 0 0 9 】

一方、ペレットの適正粒度については、以下のようなことが言える。すなわち、原料層内での伝熱は、点接触に近いペレット間での接触伝熱が主体であるため熱伝達係数が低く、このため原料層の層高方向での伝熱性を確保する観点からは原料層内でのペレットの積層数はなるべく少ない方が望ましい。したがって、同じ積層数であれば粒径の大きいペレットの方が生産量が高いので、ペレット粒径は大きい方が望ましい。しかし一方において、個々のペレット内での伝熱という観点から言うと、熱はペレットの外部から内部に伝熱していくためペレットの中心ほど還元が遅くなり、特に粒径の大きいペレットでは中心の金属化率が低下してしまう問題があり、この観点からはペレット粒径が小さい方がペレット中心までの伝熱時間が短くできるため望ましい。したがって、以上の点を考慮した場合、ペレットの適正粒度範囲は極めて限定された狭いものとならざるを得ない。

## 【 0 0 1 0 】

以上述べたような点からして、先行技術のようにRHFにおいて高い金属化率

を確保しようとした場合、ペレットの粒径や層数、原料層の厚さ、予備還元時間などの操業条件に以下のような制約が生じる。

① 各ペレットの金属化率を均一化させるために、ペレット原料の品質や配合を均一にする必要がある。

② 同様の理由からペレットの粒径を均一にする必要があり、また、ペレットが壊れないようにバインダーを十分に使用する必要がある。

③ ペレットを R H F の炉床に対して均一に且つ極力小さい層厚で装入する必要がある。

④ R H F 内での滞留時間を十分に確保する必要がある。

#### 【 0 0 1 1 】

そして、これらの制約のためにペレットの製造コストや設備コストが高くなるだけでなく、生産性が低下し、しかも熱効率も悪いという問題がある。

さらに、ペレットの高金属化率を達成しようとする場合、R H F の炉床直上のペレットは高温化し、しかもペレットどうしが焼結（二次焼結）する傾向があるため、予備還元を終えたペレットを炉床から払い出す際には、水冷されたスクリー式の排出装置などでペレットを炉床から掻き出すことが行われるが、このような原料の排出方法では炉床耐火物やスクリーの損耗が激しく、そのメンテナンスにコストと時間を要するという問題もある。

また、混合物原料をペレット化することなく、粉粒状の混合物のまま R H F で予備還元製錬する場合には、炉内雰囲気からの原料層への伝熱性が混合物原料をペレット化した場合に較べて格段に低くなるため、生産性がより低下してしまう問題がある。

#### 【 0 0 1 2 】

そこで本発明者らは、鉄鉱石の溶融還元において溶銑を安価に且つ高い生産性で製造するという観点から、上述したような従来の溶銑製造プロセス、すなわち鉄鉱石を予備還元製錬して半還元鉄を製造し、これを溶融還元製錬（仕上げ製錬＝最終還元及び溶解）して溶銑を得るという溶銑製造プロセスの見直しを行い、その結果、以下のような事実が判明した。

#### 【 0 0 1 3 】

まず、RHFを用いて鉄鉱石を予備還元製錬して半還元鉄を製造し、この半還元鉄をSAFを用いて溶融還元製錬して溶銑を製造するプロセスについて、予備還元製錬において得られる半還元鉄の金属化率とプロセス全体の生産効率（特に、消費エネルギー原単位とエネルギーバランス）との関係を検討した結果では、従来考えられてきた通り、RHFで得られる半還元鉄の金属化率が高い方が有利であるとの結論が得られた。

## 【0014】

これに対して、RHFを用いて鉄鉱石を予備還元製錬して半還元鉄を製造し、この半還元鉄をSRFを用いて溶融還元製錬して溶銑を製造するプロセスについて、予備還元製錬において得られる半還元鉄の金属化率とプロセス全体の生産効率との関係を検討した結果では、従来の認識とは全く逆に、RHFで得られる半還元鉄の金属化率を先行技術のような高水準にするとプロセス全体の生産効率、具体的には消費エネルギー原単位とエネルギーバランスが悪化すること、これに対してRHFで得られる半還元鉄の金属化率を特定の低水準に抑えることにより、プロセス全体の生産効率が効果的に改善され、しかも高い生産性が得られることが判明した。そして、このようにSRFにて溶融還元製錬を行う製造プロセスでは、半還元鉄の金属化率が低い方が消費エネルギー原単位とエネルギーバランスの面で極めて有利であることから、RHFで混合物原料（ペレット化した又はペレットしない混合物原料）を予備還元製錬する際の従来技術のような問題が全く解消できるとともに、高い生産性を確保することができ、また予備還元製錬での製造及び設備コストを低減化できることが判った。

## 【0015】

## 【課題を解決するための手段】

本発明は、鉄鉱石などの金属酸化物及び／又は金属水酸化物を溶融還元して金属溶湯を安価に且つ高い生産性で製造することを目的とし、上記知見に基づきなされたものであり、その特徴は以下のとおりである。

[1] 少なくとも炭材と金属酸化物及び／又は金属水酸化物を予め混合し又は混合・造粒若しくは混合・成形して得られた混合物原料を、回転炉床式又はロータリーキルン式の予備還元炉において金属酸化物及び／又は金属水酸化物の平均金

属化率が5～55%となるように予備還元する工程(A1)と、

該工程(A1)で予備還元された混合物原料を金属製錬用の溶解炉に装入し、該溶解炉において炭材を還元材とし且つ該炭材の燃焼熱と炉内で発生する一酸化炭素の燃焼熱を主たる熱源として溶解及び最終還元する工程(B1)とを有することを特徴とする金属製錬法。

【0016】

[2] 少なくとも炭材と金属酸化物及び／又は金属水酸化物を予め混合し又は混合・造粒若しくは混合・成形して得られた混合物原料を、回転炉床式又はロータリーキルン式の予備還元炉において金属酸化物及び／又は金属水酸化物の平均金属化率が5%超となるように予備還元する工程(A2)と、

該工程(A2)で予備還元された混合物原料と、下記(i)及び／又は(ii)の金属酸化物及び／又は金属水酸化物とを、

(i) 前記工程(A2)で予備還元された混合物原料よりも予備還元率の低い金属酸化物及び／又は金属水酸化物

(ii) 予備還元されていない金属酸化物及び／又は金属水酸化物

両者を合わせた金属酸化物及び／又は金属水酸化物の平均金属化率が5～55%となるような割合で金属製錬用の溶解炉に装入し、該溶解炉において炭材を還元材とし且つ該炭材の燃焼熱と炉内で発生する一酸化炭素の燃焼熱を主たる熱源として溶解及び最終還元する工程(B2)とを有することを特徴とする金属製錬法。

【0017】

[3] 上記[1]又は[2]の金属製錬方法において、予備還元炉で予備還元された後払い出された高温の混合物原料を容閉型容器又は非酸化性ガスを気送ガスとする気送装置に收容し、該密閉型容器又は気送装置を用いて600℃以上の温度に保ちつつ溶解炉まで移送し、該溶解炉内に装入することを特徴とする金属製錬法。

[4] 上記[2]の金属製錬方法において、工程(A2)で予備還元された混合物原料と、(i)及び／又は(ii)の金属酸化物及び／又は金属水酸化物とを、両者を合わせた金属酸化物及び／又は金属水酸化物の平均金属化率が5～55%となるような割合で混合した後、これを金属製錬用の溶解炉に装入することを特徴とする金属製錬法。

【 0 0 1 8 】

[5] 上記 [4] の金属製錬方法において、予備還元炉で予備還元された後払い出された高温の混合物原料を、(i)及び／又は(ii)の金属酸化物及び／又は金属水酸化物とともに密閉型容器又は非酸化性ガスを気送ガスとする気送装置に収容し、該密閉型容器又は気送装置を用いて溶解炉まで移送し、該溶解炉に装入することを特徴とする金属製錬法。

[6] 上記 [1] ～ [5] のいずれかの金属製錬法において、溶解炉の発生ガスの二次燃焼率を 2 0 % 以上とすることを特徴とする金属製錬法。

[7] 上記 [1] ～ [6] のいずれかの金属製錬方法において、混合物原料中の炭材以外に、溶解炉内に炭材を供給することを特徴とする金属製錬法。

[8] 上記 [7] の金属製錬法において、工程(A1)又は工程(A2)で予備還元された高温の混合物原料（但し、工程(A2)で予備還元された混合物原料には、(i)及び／又は(ii)の金属酸化物及び／又は金属水酸化物が混合されたものを含む）と炭材とを同時に溶解炉内に投入するとともに、投入された混合物原料と炭材の各々の少なくとも一部が混在した状態で炉内を落下し、浴面に達するようにすることを特徴とする金属製錬法。

【 0 0 1 9 】

[9] 上記 [1] ～ [8] のいずれかの金属製錬方法において、溶解炉として金属浴型溶融還元炉を用いることを特徴とする金属製錬法。

[10] 上記 [1] ～ [9] のいずれかの金属製錬法において、予備還元炉の還元帯内において、混合物原料を還元するとともに、混合物原料粒子の表層に酸化層を形成させることを特徴とする金属製錬法。

[11] 上記 [10] の金属製錬法において、予備還元炉の還元帯の一部または全領域における炉内雰囲気ガスの酸化度を 3 0 % 以上とすることを特徴とする金属製錬法。

[12] 上記 [1] ～ [11] のいずれかの金属製錬方法において、予備還元炉に燃焼用ガスとして溶解炉の発生ガスを供給することを特徴とする金属製錬法。

[13] 上記 [1] ～ [12] のいずれかの金属製錬方法において、溶解炉から排出された後、3 0 0 ℃未満となった溶解炉の発生ガス及び／又は予備還元炉に供給すべ



き支燃用酸素含有ガスを、予備還元炉からの排出ガスの顕熱及び／又は溶解炉の発生ガスの一部を燃焼させて得られた排ガスの顕熱を用いて予熱した後、予備還元炉に供給することを特徴とする金属製錬法。

【 0 0 2 0 】

[14] 上記 [1] ～ [12] のいずれかの金属製錬法において、溶解炉から排出された後、300℃未満となった溶解炉の発生ガス(s)及び／又は予備還元炉に供給すべき支燃用酸素含有ガス(o)を、下記工程(i)及び(ii)により予熱した後、予備還元炉に供給することを特徴とする金属製錬法。

(i) 前記発生ガス(s)及び／又は前記支燃用酸素含有ガス(o)を、予備還元炉からの排出ガスの顕熱を用いて予熱し、500℃未満の温度に昇温させる工程

(ii) 前記工程(i)で予熱された発生ガス(s)及び／又は支燃用酸素含有ガス(o)を、前記発生ガス(s)の一部を燃焼させて得られた排ガス及び／又は他の燃料を燃焼させて得られた排ガスの顕熱を用いて予熱し、さらに昇温させる工程

【 0 0 2 1 】

[15] 上記 [1] ～ [14] のいずれかの金属製錬方法において、予備還元炉内に混合物原料とともに、溶解炉に装入すべき副原料の少なくとも一部を装入することを特徴とする金属製錬法。

[16] 上記 [15] の金属製錬方法において、予備還元炉内に装入される副原料の少なくとも一部が未焼成の副原料であり、該副原料を予備還元炉内で焼成することを特徴とする金属製錬法。

[17] 上記 [1] ～ [16] のいずれかの金属製錬方法において、予備還元炉に装入される混合物原料が、溶解炉の発生ガス中から回収されたダストを含むことを特徴とする金属製錬法。

[18] 上記 [1] ～ [17] のいずれかの金属製錬方法において、炭材を粒度により分級し、細粒側の炭材を予備還元炉に装入する混合物原料中の炭材として用い、粗粒側の炭材を溶解炉に装入する炭材として用いることを特徴とする金属製錬法。

【 0 0 2 2 】

[19] 上記 [1] ～ [18] のいずれかの金属製錬法において、予備還元炉に装入される混合物原料又は該混合物原料とする前の各構成原料の少なくとも一部を、予備

還元炉から排出される排ガス及び／又は溶解炉の発生ガスの顕熱及び／又は潜熱を用いて予熱乾燥することを特徴とする金属製錬法。

[20] 上記 [1] ～ [19] のいずれかの金属製錬方法において、周方向の 2 箇所以上に原料装入口が設けられた回転炉床式の予備還元炉を用い、回転炉床上に前記各原料装入口から順次混合物原料を装入することにより、上流側の原料装入口から装入された混合物原料の原料層が、その下流側の原料装入口から混合物原料が装入されるまでの間、炉内雰囲気により直接的に加熱されるようにして、混合物原料の予備還元を行うことを特徴とする金属製錬法。

#### 【 0 0 2 3 】

[21] 上記 [20] の金属製錬方法において、2 以上の原料装入口が周方向で略等間隔に設けられた予備還元炉を用いて混合物原料の予備還元を行うことを特徴とする金属製錬法。

[22] 上記 [1] ～ [21] のいずれかの金属製錬方法において、回転炉床式の予備還元炉を用い、回転炉床上に原料払出口から払い出されない粉粒物層を形成しつつ混合物原料の予備還元を行うことを特徴とする金属製錬法。

[23] 上記 [1] ～ [21] のいずれかの金属製錬方法において、回転炉床式の予備還元炉を用い、回転炉床上の原料層の最下層部に金属酸化物及び／又は金属水酸化物の割合の少ない層を形成しつつ混合物原料の予備還元を行うことを特徴とする金属製錬法。

#### 【 0 0 2 4 】

[24] 上記 [23] の金属製錬方法において、原料層の最下層部が溶解炉に装入すべき未焼成の副原料からなる層または該副原料を主体とする層であることを特徴とする金属製錬法。

[25] 上記 [1] ～ [21] のいずれかの金属製錬法において、回転炉床式の予備還元炉を用い、回転炉床上に、粉粒状原料（但し、混合物原料、金属酸化物及び／又は金属水酸化物、炭材の中から選ばれる 1 種以上の原料）及び／又は溶解炉に装入すべき副原料の粉粒物からなる装入物、又は前記粉粒状原料及び／又は前記副原料の粉粒物を主体とする装入物を装入した後、回転炉床移動方向の下流側で前記装入物の上層に混合物原料の造粒物及び／又は成形体を装入することを特徴と

する金属製錬法。

【 0 0 2 5 】

〔26〕 上記〔25〕の金属製錬法において、回転炉床上に装入される粉粒状の装入物の粒径が0.05～10mmであることを特徴とする金属製錬法。

〔27〕 上記〔25〕又は〔26〕の金属製錬法において、回転炉床上に装入される粒状の装入物が石炭又は石炭を主体とする装入物であることを特徴とする金属製錬法。

〔28〕 上記〔25〕又は〔26〕の金属製錬法において、回転炉床上に装入される粉粒状の装入物が未焼成の副原料又は未焼成の副原料を主体とする装入物であることを特徴とする金属製錬法。

【 0 0 2 6 】

〔29〕 上記〔25〕～〔28〕のいずれかの金属製錬法において、回転炉床上の装入物の上層に装入される混合物原料の造粒物及び／又は成形体が、事前乾燥処理を施していない造粒物及び／又は成形体であることを特徴とする金属製錬法。

〔30〕 上記〔1〕～〔29〕のいずれかの金属製錬法において、回転炉床式の予備還元炉を用い、原料払出口から払い出される直前の原料層上に混合物原料、金属酸化物及び／又は金属水酸化物、溶解炉に装入すべき副原料、炭材の中から選ばれる1種以上を冷却材として装入し、原料払出口に設けられた原料排出装置により前記冷却材が混合された状態で処理済み原料を炉外に払い出すことを特徴とする金属製錬法。

【 0 0 2 7 】

〔31〕 上記〔30〕の金属製錬法において、原料層上に装入される冷却材中のFe量(A)と当該原料層を構成する原料中のFe量(B)の重量比(A)／(B)が1／10～1／1であることを特徴とする金属製錬法。

〔32〕 上記〔1〕～〔31〕のいずれかの金属製錬法において、溶解炉に装入すべき未焼成の副原料を、予備還元炉から排出された高温排ガスと接触させることにより焼成することを特徴とする金属製錬法。

〔33〕 上記〔32〕の金属製錬法において、未焼成の副原料の焼成に用いた高温排ガスで空気を予熱し、この予熱空気を予備還元炉に供給することを特徴とする金

属製錬法。

【 0 0 2 8 】

[34] 金属酸化物及び／又は金属水酸化物を加熱及び予備還元するための回転炉床式の炉であって、周方向の2箇所以上に原料装入口が設けられていることを特徴とする予備還元炉。

[35] 上記[34]の予備還元炉において、2以上の原料装入口が周方向で略等間隔に設けられていることを特徴とする予備還元炉。

[36] 上記[34]又は[35]に記載の予備還元炉と、該予備還元炉で加熱及び予備還元された金属酸化物及び／又は金属水酸化物を溶解及び最終還元するための金属製錬用の溶解炉とを有することを特徴とする金属製錬設備。

【 0 0 2 9 】

[37] 上記[34]又は[35]の予備還元炉と、該予備還元炉から排出された高温排ガスを導入して、溶解炉に装入すべき未焼成の副原料と接触させることにより該副原料を焼成するための焼成炉と、前記予備還元炉で加熱及び予備還元された金属酸化物及び／又は金属水酸化物を溶解及び最終還元するための金属製錬用の溶解炉とを有することを特徴とする金属製錬設備。

[38] 少なくとも炭材と金属酸化物及び／又は金属水酸化物を予め混合し又は混合・造粒若しくは混合・成形して得られた混合物原料を、予備還元炉において金属酸化物及び／又は金属水酸化物の一部が金属化する状態まで予備還元し、この予備還元された混合物原料を金属製錬用の溶解炉において溶解及び最終還元する金属製錬法であって、

前記溶解炉に装入すべき未焼成の副原料を、前記予備還元炉から排出された高温排ガスと接触させることにより焼成することを特徴とする金属製錬法。

【 0 0 3 0 】

[39] 上記[38]の金属製錬方法において、未焼成の副原料の焼成に用いた高温排ガスで空気を予熱し、この予熱空気を予備還元炉に供給することを特徴とする金属製錬方法。

[40] 金属酸化物及び／又は金属水酸化物を炭材とともに装入して加熱及び予備還元するための予備還元炉と、該予備還元炉から排出された高温排ガスを導入し

て、金属製錬用の溶解炉に装入すべき未焼成の副原料と接触させることにより該副原料を焼成するための焼成炉と、前記予備還元炉で加熱及び予備還元された金属酸化物及び／又は金属水酸化物を溶解及び最終還元するための金属製錬用の溶解炉とを有することを特徴とする金属製錬設備。

## 【 0 0 3 1 】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の金属製錬法の詳細と種々の形態を、金属製錬の対象である金属酸化物及び／又は金属水酸化物として鉄鉱石（粉鉱石）を用い、これを予備還元－熔融還元することで溶銑を製造する場合を例に説明する。

なお、本発明及び以下の説明において、金属酸化物及び／又は金属水酸化物（以下の説明では“鉄鉱石”という）の金属化率（MD [%]）は以下のように定義される。

$$\text{金属化率 (\%)} = \{ [\text{金属酸化物及び／又は金属水酸化物中の金属化した金属量 (kg)}] / [\text{金属酸化物及び／又は金属水酸化物中の全金属量 (kg)}] \} \times 100$$

## 【 0 0 3 2 】

先に述べたように、鉄鉱石から熔融還元によって溶銑を製造する場合、RHFで予備還元製錬を行う工程とSAFで仕上げ製錬を行う工程からなる製造プロセス（以下、この製造プロセスを“RHF－SAFプロセス”という）では、RHFで得られる半還元鉄（“予備還元によって部分的に金属化した鉄鉱石”をいう。以下同様）の金属化率を高くした方が消費エネルギー原単位及びエネルギーバランスの面で有利であるのに対して、RHFで予備還元製錬を行う工程とSRFで仕上げ製錬を行う工程からなる製造プロセス（以下、この製造プロセスを“RHF－SRFプロセス”という）では、RHFで得られる半還元鉄の金属化率を特定の低いレベルにした方が消費エネルギー原単位及びエネルギーバランスの面で格段に有利である。この後者の事実は、従来における認識とは全く正反対のものであり、本発明者らによって初めて見出されものである。

## 【 0 0 3 3 】

このため本発明の金属製錬法では、少なくとも炭材と鉄鉱石を予め混合し又は

混合・造粒若しくは混合・成形して得られた混合物原料を、前記 R H F などの予備還元炉において所定の低水準の平均金属化率（5～55%）となるように予備還元する工程(A1)と、この工程(A1)で予備還元された混合物原料を前記 S R F などの金属製錬用の溶解炉で熔融還元製錬（仕上げ製錬＝最終還元及び溶解）する工程(B1)とにより溶銑を製造するものである。

## 【 0 0 3 4 】

以下、本発明の金属製錬法を、予備還元炉として R H F、金属製錬用の溶解炉として S R F をそれぞれ使用する場合、すなわち R H F - S R F プロセスを例に説明する。

まず、本発明の金属製錬法で用いられる R H F の概略について説明する。

図 1 7 及び図 1 8 は R H F（従来タイプの R H F）の一例を示すもので、図 1 7 は斜視図、図 1 8 は原料装入口と原料払出口の平面位置を示す説明図である。

この R H F 7' の炉本体は、リング状の回転炉床 7 1 とこの回転炉床全体を覆うことで炉内雰囲気を維持する炉壁 7 2 とから構成されており、前記回転炉床 7 1 は図に示した矢印方向に回転する。前記炉壁 7 2 内の上部には燃焼バーナ（図示せず）が炉周全長にわたって所定の間隔で設けられている。また、炉壁 7 2 には炉内ガス排出口 1 8 が設けられている。

## 【 0 0 3 5 】

前記炉本体の 1 箇所には原料装入口 1 5 1 が設けられるとともに、この原料装入口 1 5 1 に近接した位置（反炉床回転側に近接した位置）に原料払出口 1 6 が設けられている。前記原料装入口 1 5 1 から前記原料払出口 1 6 までの炉内は乾燥・加熱帯とこれに続く還元帯とからなる。

前記原料払出口 1 6 における原料払出機構（原料排出装置）は任意であるが、例えば、回転炉床 7 1 を横切るスクリュウ装置で構成され、このスクリュウ装置により原料層から原料を切り出し或いは掻き出すとともに、原料払出口 1 6 側に移送するような払出機構を採用することができる。

原料払出口 1 6 の下方には、予備還元されて払出された原料を搬出するためのベルトコンベア 1 7 が設けられている。なお、このベルトコンベア 1 7 に代えて、密閉型の搬送容器（コンテナ）を原料払出口 1 6 の下方に移動させ、払出され

た原料を受入れた後、これをSRFに搬送するようにしてよく、これにより予備還元された後SRFに装入されるまでの間の原料の温度低下と再酸化を極力防止できる。

## 【0036】

このようなRHFでは、例えば混合物原料（以下、混合物原料がペレットである場合を例に説明する）が原料装入口151の上方から図示しない原料装入装置によって回転炉床71上に装入され、この回転炉床71が図中の矢印の方向（反時計回り方向）に回転する間に、加熱バーナなどにより1200～1500℃の高温雰囲気となった炉内でペレットが加熱される。ペレットは、まず乾燥・加熱帯で乾燥及び加熱された後、還元帯でさらに加熱されることにより、ペレットを構成する鉄鉱石がペレットに内装された炭材により部分的に金属化するまで還元され、しかる後、原料払出口16から炉外に払い出される。

## 【0037】

また、本発明の金属製錬法で用いるSRFは種々のタイプものを用いることができるが、その一例としては、内部に鉄浴を保持する炉本体（通常は、密閉型の炉体）に対して、炉内に予備還元された原料や副原料を装入するための装入手段（例えば、装入用シュート及びホッパーなど）、炉内の鉄浴に酸素を吹き込むためのランス、同じく攪拌用ガスを吹き込むためのガス吹込み手段（例えば、底吹きノズルなど）などを備えた公知のSRFを用いることができる。

このようなSRFでは、前記装入手段を通じて原料（鉄鉱石及び炭材）と副原料が炉内に装入されるとともに、ランス及びガス吹込み手段を通じて酸素と攪拌用ガスが炉内に吹き込まれる。そして、炉内に供給された炭材及び溶鉄中の炭素とランスを通じて吹き込まれた酸素ガスとが反応してCOガスが発生するとともに、このCOガスはランスを通して吹き込まれた酸素ガスと反応してCO<sub>2</sub>ガスとなり、このときの炭材及びCOの燃焼熱により溶鉄中の鉄鉱石が溶解されるとともに、炭材中の炭素により最終還元がされ、溶鉄が得られる。

## 【0038】

図2は、RHF-SRFプロセスとRHF-SAFプロセスについて、RHFで製造される半還元鉄の平均金属化率と鉄鉱石から溶鉄を製造するのに必要なエ

エネルギー原単位との関係を示している。なお、この図2のもとになっている各プロセスに必要なユーティリティの計算については、電力は勿論それ以外のユーティリティについても電力として一旦計算した後、全ての電力は発電効率：36%として化石燃料換算して計算してある。

## 【0039】

同図によれば、従来技術であるRHF-SAFプロセスではRHFで製造される半還元鉄の平均金属化率を高く設定する方が、系全体のエネルギー消費量が少なくなることが判る。これはRHF-SAFプロセスでは、SAFでの最終還元や溶解に必要なエネルギーが電力により補われるため、化石燃料ベースで考慮するとエネルギー効率が非常に悪く、RHFよりもエネルギー効率が悪いことに起因している。実際、現在操業中又は計画中の殆ど全てのRHF-SAFプロセスでは、RHFでの半還元鉄の平均金属化率は80%以上に設定されている。

## 【0040】

これに対して、本発明が前提とするRHF-SRFプロセスでは、RHFで製造される半還元鉄の金属化率を低く設定する方が、系全体のエネルギー消費量が少なくなる。これはRHF-SRFプロセスでは、SRFでの最終還元や溶解に必要なエネルギーに直接化石燃料を使用できるためエネルギー効率が飛躍的に高まり、RHFよりもエネルギー効率が良いためである。したがって熱効率の観点からは、RHF-SRFプロセスではRHFで製造される半還元鉄の平均金属化率を低く抑え、この半還元鉄をSRFで仕上げ製錬（最終還元及び溶解）するのが最も優れていると言える。

## 【0041】

また、このようにRHFで製造される半還元鉄の平均金属化率を低く抑えることができるため、従来技術のようにRHFにおいて高金属化率の半還元鉄を製造しようとする場合に問題になる課題の多くが解決される。すなわち、図1で示されるようにRHFにおける原料炉内滞留時間を短くできるため、従来技術に較べて半還元鉄の生産性が大きく向上し、しかも、RHFにおいて原料層やペレットの一部に未還元又は還元が不十分な部分があっても問題がないため、混合物原料の品質や配合、ペレットの粒径、原料層の厚さなどの許容範囲が広く、混合物原



料やペレットの管理基準を引き下げることができる。このためペレットなどの良塊歩留りが向上し、バインダーの使用量も低減できる。また、金属化率を低くしてよいため炉床上でのペレットの積層厚さも増やすことができ、このため炉床の熱負荷を軽減することが可能になる。

## 【 0 0 4 2 】

また、混合物原料ペレットやブリケットなどの場合には、主としてその表面が金属化するため高温下にあっても十分な強度を有し、その形状を保持することができる。このため S R F の高温の浴中に装入された際に、ペレットやブリケット内部にあって未だ金属化していない鉄鉱石部分と内装炭材との直接還元反応が進行するので、S R F における反応効率及びエネルギー効率の向上が期待できる。

## 【 0 0 4 3 】

図 3 は、R H F - S R F プロセスと R H F - S A F プロセスについて、R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率と溶銑製造コストとの関係を示したものである。なお、この溶銑製造コストは、R H F - S A F プロセスによる溶銑製造コストのうち、R H F における半還元鉄の平均金属化率が 9 0 % のときのコストを“1”とした場合のインデックスで表わしたものである。また、同図の横軸には、R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率とともに、各金属化率での操業に必要な R H F と溶解炉（S A F, S R F）の規模及び基数を示してある。このうちアルファベットは R H F と溶解炉の規模（L L : 特大、L : 大、M : 中）を示し、これに併記した数字はそれらの設置基数を示している。

## 【 0 0 4 4 】

同図によれば、R H F - S A F プロセスにおいては、R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率を高い水準（好ましくは、9 0 % 以上）にした方が溶銑製造コストを低くできるのに対し、R H F - S R F プロセスにおいては、R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率を低い水準にした方が、溶銑製造コストを低くできることが判る。

## 【 0 0 4 5 】

次に、R H F - S R F プロセスと R H F - S A F プロセスについて、R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率と溶銑製造プロセスのエネルギーバランス、

生産量との関係を検討した結果を示す。

図4にRHF-SRFプロセスにおいてRHFで製造される半還元鉄の平均金属化率を30%とした場合（ケース1）のエネルギーバランスの一例を、図5にRHF-SRFプロセスにおいてRHFで製造される半還元鉄の平均金属化率を90%とした場合（ケース2）のエネルギーバランスの一例を、図6にRHF-SAFプロセスにおいてRHFで製造される半還元鉄の平均金属化率を90%とした場合（ケース3）のエネルギーバランスの一例を、それぞれ示す。

#### 【0046】

それぞれのプロセスにおいて溶銑1トンを製造するのに必要な純エネルギー消費量（＝〔全投入エネルギー〕－〔全回収エネルギー〕）は、ケース1：4.5Gcal、ケース2：5.6Gcal、ケース3：6.0Gcalであり、RHF-SRFプロセスにおいてRHFで製造される半還元鉄の平均金属化率を低水準（30%）としたケース1でのエネルギー効率が最も優れていることが判る。

#### 【0047】

また、RHFに供給される燃料ガスについても、RHFで製造される半還元鉄の平均金属化率を90%としたケース2、ケース3の場合では、溶解炉（SRF又はSAF）からRHFに供給される燃料ガス量（回収ガス量）だけでは不足するため高価な天然ガスを使用する必要があるのに対し、RHFで製造される半還元鉄の平均金属化率を30%としたケース1の場合には、溶解炉（SRF）からの燃料ガス量で十分に賄うことができる。

#### 【0048】

図7は、RHFにおける原料の平均還元率及び半還元鉄の平均金属化率と、RHFの生産量（溶銑換算生産量）、SRFの溶銑生産量及びSAFの溶銑生産量との関係を示している。なお、この図7の結果は、鉄鉱石（粉鉱石）として全Fe分含有率（T. Fe）が約67wt%の酸化物系鉄石を、炭材として揮発分（VM）が約10wt%、アッシュが約10wt%、発熱量が約7400kcal/kgの石炭をそれぞれ用い、RHF用燃料ガスとして溶解炉回収ガスが不足する場合は天然ガスを用い、さらにRHFに装入する混合物原料としては粉鉱石と粉粒状石炭とを混合・造粒したペレットを用いた場合の例を示している。また、

設備規模としては、R H F については、現状における最大規模の炉である直径：約 5 0 m、回転周期：8 ～ 1 0 分の設備を、また溶解炉については S R F 及び S A F とともに現状における世界最大規模の炉、すなわち S R F については約 2 0 0 0 t / 日の生産能力を有する炉を、S A F についてはトランス容量が約 4 0 0 0 0 K V A である炉を用いることを前提としている。

## 【 0 0 4 9 】

ここで、溶銑製造プロセスにおける R H F と溶解炉（S R F 又は S A F）の設備基数を最小限に抑えつつ、年生産量 1 0 0 万トン規模の溶銑生産能力を有し且つ可能な限り効率的なプロセスの組み合わせを考えた場合、図 7 に示す結果からして以下のことが言える。すなわち、図 7 によれば R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率を低下させるにしたがい R H F での生産量が増加するが、R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率が 2 0 % 強の低水準において、R H F と S R F との生産能力がほぼ同じになり、R H F から S R F に供給する半還元鉄量が S R F における半還元鉄の処理量とほぼ等しくなる。したがって、R H F - S A F プロセスにおいて半還元鉄の平均金属化率を上記のように低水準とした場合には、R H F 及び S R F とともに各 1 基の炉設備で必要生産量を確保することができ、効率的なマテリアルバランスが得られる。その場合のマテリアルフロー量は、年間約 1 0 0 万トンである。

## 【 0 0 5 0 】

これに対して R H F - S A F プロセスでは、R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率が低水準の場合には R H F の生産量に較べて S A F の生産量が極端に少なく、R H F 1 基に対して S A F を複数基設ける必要がある。この R H F - S A F プロセスでは、R H F から S A F に供給する半還元鉄量が S A F における半還元鉄の処理量とほぼ等しくなるのは、R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率が 9 0 % 以上となる場合であるが、その場合の生産量は、R H F - S R F プロセスにおいて半還元鉄の平均金属化率を上記のように低水準とした場合に較べて半分以下であり、したがって、R H F - S R F プロセスと同程度の生産量を確保するには R H F と S A F をそれぞれ複数基設ける必要がある。

## 【 0 0 5 1 】

このように R H F - S R F プロセスにおいて半還元鉄の平均金属化率を上記のように低水準とした場合にのみ、R H F と溶解炉の設置基数を最小限に抑えつつ、通常のミニミルにおいて必要とされる量（年生産量 1 0 0 万トン規模）の溶銑を製造可能な溶銑製造プロセスを実現できる。

## 【 0 0 5 2 】

次に、本発明において R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率の限定理由について説明する。

先に述べたように溶銑製造プロセスの生産量と設備の面からは、R H F - S R F プロセスにおいて R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率の最適値は一応 2 0 % 強（図 7）となるが、半還元鉄の平均金属化率は溶銑製造プロセスにおける消費エネルギー量やエネルギーバランス等の要素をも考慮して決定する必要がある。

## 【 0 0 5 3 】

図 8 は、R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率と、S R F から発生するガス量（エネルギー換算量）及び R H F や製鋼工場以降の下工程で必要とされるガス量（エネルギー換算量）との関係を示している。なお、製鋼工場以降の下工程で必要なガス量は、日本や米国などの一貫製鉄所での代表例を参考に算出したものである。同図によれば、R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率を 7 0 % 程度以上とした場合には、S R F から発生するガス量（エネルギー量）だけでは R H F で必要なガス量（エネルギー量）を賄うことができず、天然ガスや石油などの高価なエネルギーを購入せざるを得ない。したがって、R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率を 7 0 % 程度以下にすることにより初めて、S R F から発生するガス量により R H F で必要なガス量を賄うことができる。

## 【 0 0 5 4 】

しかし、半還元鉄の平均金属化率が 5 5 % を超えると、S R F 内での未還元酸化鉄の還元により生成する C O ガス量が相対的に減少することになり、炉内熔融スラグ・メタル浴の攪拌に有効に使われていた C O ガス量が減少するため浴の混合、攪拌が抑制され、S R F 内の二次燃焼熱の着熱効率を低下させる要因となる。これを回避しようとする、減少した C O ガス発生に相応したガス吹込みや粉

体吹込みの増大による攪拌促進を行う必要が生じるが、これは吹込みガス量の増大等を招くので望ましくない。また、S R F内への未還元酸化鉄装入量の減少は、炉内発生C Oガスによる未還元酸化鉄の間接還元量（見掛け上、二次燃焼率の高位安定に寄与している）の減少を意味するので、S R F側の高二次燃焼率・高着熱効率を維持しようとした場合、半還元鉄の金属化率が55%を超えるような条件は望ましくない。このためR H Fで製造される半還元鉄の平均金属化率は55%以下の水準に抑える必要がある。

## 【0055】

一方、R H Fで製造される半還元鉄の平均金属化率が5%未満では、S R Fから発生するガスを一貫製鉄所内で処理し切れず、大気中に放散することになり、エネルギーの有効利用や経済性の観点から望ましくない。また、半還元鉄の平均金属化率（または還元率）を極端に低下させると、R H Fの生産性は増加するもののS R Fの生産性は低下してしまい、両工程での生産性のバランスが崩れてしまう問題がある。そして、これらの点にさらに原料中に含まれる炭材中の揮発分の有効利用やR H Fでの亜鉛回収などを考慮すると、半還元鉄の平均金属化率は5%以上、望ましくは10%以上とすることが好ましいことが判った。

以上の理由から、本発明ではR H Fなどの予備還元炉で製造される半還元鉄の平均金属化率を5～55%と規定した。

## 【0056】

本発明の金属製錬法では、少なくとも炭材と鉄鉱石（鉄鉱石以外の金属酸化物及び／又は金属水酸化物については、後に説明する）を予め混合し或いは混合・造粒若しくは混合・成形して混合物原料を調整し、これをR H Fなどの予備還元炉に装入して予備還元製錬を行う。したがって混合物原料としては、炭材と鉄鉱石を混合したままの粉粒状のもの、炭材と鉄鉱石を混合した粉粒状の混合物原料をペレットなどに造粒したもの、炭材と鉄鉱石を混合した粉粒状の混合物原料をブリケットなどに成形したもの、のうちのいずれでもよい。

## 【0057】

炭材としては、石炭、コークス、オイルコークスなどの粉粒物の他、廃プラスチック等の炭素含有物質を用いることもできる。

この炭材は還元反応を促進するという観点から粒度がなるべく小さい方が好ましく、このために必要に応じて粉碎処理したものなどを用いる。しかし、石炭などの炭材の粉碎にはエネルギーコストが高いため、炭材を粉碎する割合はなるべく少ないことが好ましい。

## 【 0 0 5 8 】

そこで、溶銑製造プロセスで使用する炭材（主に石炭）の粒度を分級し、細粒側の炭材を上記混合物原料に使用し、粗粒側の炭材をSRFに装入する炭材として使用することが好ましい。これにより予備還元する混合物原料には、この予備還元にとっては好ましい粒径の小さい炭材を使用できる一方で、SRFにおいては粗粒側の炭材を使用できることから、SRFの発生ガス中にダストとして飛散する微粉炭材の量を減少させることができる。炭材の粒度を分級するための装置としては、振動式の篩装置、風力分級機、乾燥・分級機能を備えた流動式乾燥装置やパドル式乾燥装置などを使用できる。

また、SRFの発生ガス中にはダストとして炭材が含まれていることから、この発生ガスからダストを回収し、このダストを炭材の一部として利用することもできる。

## 【 0 0 5 9 】

また、RHFには混合物原料とともに、SRFに装入すべき副原料の少なくとも一部（場合によっては、溶解炉に装入すべき副原料の全量）を装入することができる。この副原料としては、例えばSRFでのスラグ塩基度調整に使用される石灰石、生石灰、ドロマイトなどが挙げられる。また、これらのうち未焼成の副原料を装入した場合には、RHFの排ガス顕熱（通常、1200～1500℃）を利用して副原料の焼成を行うことができたため、副原料の焼成工程を省略することも可能となる。

また、副原料は炭材と鉄鉱石を含む混合物原料（すなわち、少なくとも炭材と鉄鉱石を混合又は混合・造粒若しくは混合・成形した混合物原料）の一部としてRHFに装入してもよいし、或いは炭材と鉄鉱石を含む上記混合物原料と混合することなくRHFに装入してもよい。

## 【 0 0 6 0 】

また、R H Fなどの予備還元炉の排ガスは温度が高く（1 2 0 0～1 5 0 0℃）且つ硫黄分が比較的高濃度に含まれているが（混合物原料に炭材として石炭を配合した場合、石炭中の硫黄分の3割程度がR H Fの排ガスに移行する）、石灰石やドロマイトなどの副原料をR H Fに装入して焼成した場合には、副原料中に含まれるC a OなどがR H Fの排ガスの脱硫剤として作用し、R H Fの排ガスを脱硫する効果も得られる。

また、先に炭材に関して述べたように、S R Fの発生ガス中に含まれるダストを回収し、このダストを混合物原料中に配合することもできる。

#### 【 0 0 6 1 】

R H Fに装入される混合物原料は付着水分量が低いほどR H Fの生産性が向上し、エネルギー原単位を下げることができるので、R H F装入前に十分に乾燥させることが好ましい。

したがって、混合物原料（特に、ペレットやブリケット）は予め予熱乾燥することが好ましく、また、この予熱乾燥のためにR H Fからの排ガス及び／又はS R Fの発生ガスの顕・潜熱を利用すれば、プロセス全体のエネルギー効率をさらに向上させることができる。

#### 【 0 0 6 2 】

R H Fで予備還元製錬され、鉄鉱石が所定の平均金属化率の半還元鉄となった混合物原料はS R Fに装入され、ここで最終還元と溶解を目的とする仕上げ製錬が行なわれる。

ここで、本発明の金属製錬法では、S R Fに装入される鉄鉱石のトータルの平均金属化率が5～55%の範囲であればよく、したがって、この条件さえ満足すれば、R H Fで予備還元製錬された上記混合物原料とともに、予備還元されていない鉄鉱石や予備還元率の低い鉄鉱石をS R Fに装入してもよい。

#### 【 0 0 6 3 】

この場合には、少なくとも炭材と鉄鉱石を予め混合し又は混合・造粒若しくは混合・成形して得られた混合物原料を、前記R H Fなどの予備還元炉において平均金属化率が5%超となるように予備還元する工程(A2)と、この工程(A2)で予備還元された混合物原料と下記(i)及び／又は(ii)の鉄鉱石が、両者を合わせた鉄

鉄鉱石の平均金属化率が5～55%となるような割合でSRFに装入され、溶融還元製錬（仕上げ製錬＝最終還元及び溶解）する工程(B2)とにより溶銑を製造するものである。

(i) 前工程(A2)で予備還元された混合物原料よりも予備還元率の低い鉄鉱石

(ii) 予備還元されていない鉄鉱石

上記(i)及び／又は(ii)の鉄鉱石は、RHFで予備還元された混合物原料と混合した後にSRFに装入してもよいし、RHFで予備還元された混合物原料と混合することなくSRFに装入してもよい。

#### 【0064】

RHFで予備還元された混合物原料は、その温度低下と再酸化を極力防止しつつSRFに装入されることが好ましく、このためRHFで予備還元された後払い出された高温の混合物原料を密閉型容器に収容して600℃以上の温度に保ちつつSRFまで移送するか、若しくはRHFから払い出された高温の混合物原料を気送装置に収容して気送配管を通じて非酸化性ガス（例えば、窒素、Ar、CO<sub>2</sub>、RHF排ガスなどのプロセスガスの中から選ばれる1種以上）によりSRFまで気送し、SRFに装入することが好ましい。

#### 【0065】

また、予備還元された後払い出された高温の混合物原料を上記(i)及び／又は(ii)の鉄鉱石と混合した後、SRFに装入する場合には、RHFから払い出された高温の混合物原料を上記(i)及び／又は(ii)の鉄鉱石とともに密閉型容器に収容してSRFまで移送するか、若しくはRHFから払い出された高温の混合物条件を上記(i)及び／又は(ii)の鉄鉱石とともに気送装置に収容して気送配管を通じて非酸化性ガス（ガス種については前掲）によりSRFまで気送し、SRFに装入することが好ましい。

#### 【0066】

この場合、RHFから払い出された混合物原料と上記(i)及び／又は(ii)の鉄鉱石は密閉型容器又は気送装置にて混合されるが、その方法としては、例えば、密閉型容器に事前に上記(i)及び／又は(ii)の鉄鉱石を入れておき、これにRHFから高温の混合物原料を受け入れるか、または両者を逆の順序で受け入れるか



、若しくは両者を同時に受け入れるか、いずれの方法を用いてもよいが、3番目の同時受け入れの方法が温度分布、材料分布が均一化されるためより好ましい。

このように予備還元された混合物原料を密閉型容器や気送装置を用いて温度低下や再酸化を極力防止しつつSRFに移送し、SRF内に装入することにより、予備還元された混合物原料の温度低下や再酸化によるエネルギー損失を最小限に抑えることができる。

#### 【0067】

SRFでは、炭材を還元材とし且つ該炭材の燃焼熱と炉内で発生する一酸化炭素の燃焼熱を主たる熱源として溶解及び最終還元がなされ、溶銑が製造される。

ここで、SRFでの酸素や石炭などの原単位を高めるためには発生ガスを炉内で積極的に二次燃焼させることが好ましく、このためSRFの発生ガスの二次燃焼率（ $= (\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}) / (\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O})$ ）は20%以上とすることが好ましい。SRF内での二次燃焼率は、SRF内において溶銑や炭材に接触しない酸素の量を制御することによって任意に制御することができる。したがって、例えばSRF内での酸素の吹き込み形態などを適宜選択することによって、炉内において溶銑や炭材に接触しない酸素の量を十分に確保することにより、高い二次燃焼率を得ることができる。

#### 【0068】

一方、予備還元された高温の混合物原料は再酸化され易く、発生ガス中の $\text{CO}_2$ や $\text{H}_2\text{O}$ の濃度が高いSRF（特に、発生ガスの二次燃焼率が20%以上のSRF）に装入した場合には、炉内に投入された後、浴面に達するまでの間に、発生ガスとの接触によりその一部が再酸化（ $\text{CO}_2 + \text{Fe} \rightarrow \text{FeO} + \text{CO}$ 、 $\text{H}_2\text{O} + \text{Fe} \rightarrow \text{FeO} + \text{H}_2$ ）されてしまう問題があり、SRFの原単位を悪化させる要因となる。

SRFに投入された混合物原料の再酸化の度合いは、SRFの発生ガス中の $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ 濃度により決定され、特に $\text{CO}_2$ や $\text{H}_2\text{O}$ 濃度が高い方が再酸化され易く、したがって、SRFの酸素や石炭などの原単位を下げるために炉内の二次燃焼率を上げることと、SRFに投入された混合物原料の再酸化を防ぐこととは相反する関係にある。

## 【 0 0 6 9 】

しかし、先に述べたような混合物原料を高金属化率（90%以上）まで還元する従来技術に対し、本発明では元々予備還元後の混合物原料の金属化率を低く設定（平均金属化率5～55%）しているため、仮に混合物原料がSRFに投入する際に再酸化されても、その影響は従来技術に較べてはるかに小さい。例えば、従来技術において混合物原料（ペレット）を平均金属化率95%まで還元した場合、直径10mmのペレットの表層0.5mm厚み分が再酸化されただけで平均金属化率は70%に低下してしまう。これに対して本発明では、例えば混合物原料（ペレット）を平均金属化率40%まで還元した場合、直径10mmのペレットの表層0.5mm厚み分が再酸化されも平均金属化率は30%程度まで低下するに過ぎず、したがって従来技術に較べて再酸化による影響ははるかに小さい。

## 【 0 0 7 0 】

予備還元試験炉で予備還元したペレットをSRF内雰囲気を想定した所定のガス酸化度（ $= (\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}) / (\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O})$ ）を有する高温雰囲気に曝し、その再酸化の程度を調査した。この試験では、予備還元済みペレットとして平均金属化率30%と90%のものをを用い、それらをガス酸化度が0%～50%、温度が1500℃の雰囲気に一定時間曝してそれぞれの再酸化の程度を調べた。その結果を図9に示す。同図によれば、ガス酸化度20%程度からペレットの再酸化（金属化率の低下）が認められるが、その度合いは平均金属化率30%のペレットに較べて平均金属化率90%のペレットの方が格段に大きく、またガス酸化度が高い程その傾向は顕著である。平均金属化率30%のペレットは、再酸化自体はガス酸化度20%程度から認められるものの、その度合いは平均金属化率90%のペレットに較べてはるかに小さい。

したがって、本発明では操業上好ましい二次燃焼率20%以上の条件でSRFを操業しても、混合物原料の再酸化によるSRFの原単位の悪化を最小限に抑えることができる。

## 【 0 0 7 1 】

また、SRFからの発生ガス量はSRFへの炭材投入量と関係しており、このためSRFから安定的にガスを発生させるためには、混合物原料に配合する炭材

とは別に、SRFに炭材を安定的に供給することが好ましい。このためSRFには、混合物原料中の炭材以外に、適当な供給手段を通じて炭材（主に石炭）を別途供給することが好ましい。なお、先に述べたRHF-SAFプロセスにおけるSAFでは炭材の供給は殆ど必要なく、また必要な場合には多少のコークスをRHFからの混合物原料に事前に混合して同時に供給する方法が採られている。

## 【0072】

また、SRFに対して混合物原料に配合する炭材とは別に炭材（この場合には、特に石炭）を供給する場合には、以下のような方法を採用することが好ましい。

上述したように予備還元された高温の混合物原料はSRFに投入された後、浴面に達するまでの間に発生ガスとの接触によって再酸化されやすく、このような再酸化をできるだけ抑えるために、予備還元された高温の混合物原料と炭材とを同時にSRF内に投入するとともに、投入された混合物原料と炭材の各々の少なくとも一部（好ましくは全部）が混在した状態で炉内を落下し、浴面に達するようにすることが好ましい。このような方法によれば、以下のような作用により発生ガスによる混合物原料の再酸化が抑えられる。

## 【0073】

① 炉内に投入された混合物原料が炭材に覆われるようにして炉内を落下するため、混合物原料が発生ガスと直接接触する度合いが低減する。

② 高温の混合物原料と炭材とが混在した状態で炉内を落下する過程で、混合物原料の顕熱により炭材（石炭）に含まれる揮発分がガス化し、この揮発ガスが混合物原料を覆うことにより、混合物原料が発生ガスと直接接触する度合いが低減する。

③ 炭材や上記のように炭材から発生した揮発ガス（その炭素分）が混合物原料の周囲の $\text{CO}_2$ を $\text{CO}$ に還元するため、 $\text{CO}_2$ による混合物原料の再酸化の度合いが低減する。

④ 混合物原料が再酸化されても、上記のように炭材から発生した揮発ガス（その炭素分や水素分）が混合物原料の再酸化層を還元する。

## 【0074】

この方法は予備還元された混合物原料が特に再酸化されやすい場合、具体的に

は、混合物原料が400℃以上の高温でSRFに装入され、且つSRFの発生ガスの二次燃焼率が20%以上の場合に特に有効である。

図10(a)～(d)は、SRFに投入された混合物原料と炭材を、両者が混在した状態で炉内を落下させるための装入方法を例示したものであり、このうち図10(a)は原料装入管部22aと炭材装入管部22bを合流させた単一の装入管22を通じて混合物原料と炭材を装入する方法、図10(b)は並列した原料装入管23Aと炭材装入管23Bを通じて混合物原料と炭材を装入する方法、図10(c)は装入管24を2重管構造とし、その内管24aを通じて混合物原料と炭材のうちの一方を、内管24aと外管24b間の流路を通じて他方をそれぞれ装入する方法、図10(d)は原料装入管25Aと炭材装入管25Bから別々に投入した混合物原料と炭材が炉内を落下する途中で合流するようにした方法であり、いずれの方法を用いてもよい。また、これら以外の任意の方法を用いることができる。

#### 【0075】

RHFに供給される燃焼用ガス（燃料ガス）としては、SRFの発生ガスを供給することが好ましく、これによって溶銑製造プロセス内での良好なエネルギーバランスを維持することができる。この場合、SRFの発生ガスは主たる燃料ガスとして或いは燃料ガスの一部（すなわち、補助燃料ガス）としてRHFに供給され、後者の場合には天然ガス等の他の燃料ガスとともに用いられる。

また、SRFの発生ガスはRHFの燃焼用ガスとして利用するのに十分な発熱量とボリュームを有しているが、天然ガスなどに較べた場合には発熱量は小さい。また、このSRFの発生ガスをRHFの燃焼用ガスとして用いるには、発生ガスを除塵処理（通常、洗浄処理も行われる）することが好ましく、この除塵処理の過程で発生ガスの温度は300℃未満、一般には常温近くまで低下する。このため発生ガスは200℃以上、望ましくは300℃以上、さらに望ましくは500℃以上に予熱してからRHFに供給することが好ましい。

#### 【0076】

また、このSRFの発生ガスの予熱に、RHFからの排出ガスの顕熱及び／又はSRFの発生ガスの一部を燃焼させて得られた排ガスの顕熱を利用することに

より、プロセス内のエネルギーをより有効に利用できる。

また、R H Fに導入すべき支燃用酸素含有ガス（空気又は酸素富化空気）も予熱（望ましくは200℃以上、より望ましくは300℃以上、さらに望ましくは500℃以上に予熱）してからR H Fに導入することが好ましい。そして、この支燃用酸素含有ガスの予熱にも、R H Fからの排出ガスの顕熱及び／又はS R Fの発生ガスの一部を燃焼させて得られた排ガスの顕熱を利用することができ、これによりプロセス内のエネルギーをより有効に利用できる。

#### 【0077】

また、R H Fからの排出ガスの顕熱を利用して熱交換器（昇熱器）によりS R Fの発生ガス(s)や支燃用酸素含有ガス(o)を予熱する場合、R H Fからの排出ガス中に含まれるN a, K, C l, S O xなどの腐食性成分による熱交換器の腐食を防止して熱交換器の耐用性を高めるためには、一般に1000℃以上の高温ガスであるR H Fからの排出ガスを、前記腐食性成分による熱交換器の腐食が進まないような適当な温度に冷却してから熱交換器に導入することが好ましい。具体的には、R H Fからの排出ガスが熱交換器に導入される際の温度は、熱交換器での前記S R Fの発生ガス(s)や支燃用酸素含有ガス(o)の予熱温度が500℃未満（望ましくは450℃未満）となるような温度とすることが好ましい。一方において、S R Fの発生ガス(s)や支燃用酸素含有ガス(o)の予熱温度は、R H Fのエネルギー効率やガス原単位の観点からはなるべく高い方が好ましい。

#### 【0078】

そこで、S R Fから排出された後、300℃未満となったS R Fの発生ガス(s)や支燃用酸素含有ガス(o)をR H Fからの排出ガスの顕熱を利用して予熱する場合には、以下のようにすることが好ましい。

(i) 前記発生ガス(s)及び／又は支燃用酸素含有ガス(o)を、第1の熱交換器においてR H Fからの排出ガスの顕熱を用いて予熱し、500℃未満の温度（好ましくは200℃以上、より好ましくは300℃以上の温度）に昇温させる。

(ii) 次いで、この予熱された発生ガス(s)及び／又は支燃用酸素含有ガス(o)を、前記発生ガス(s)の一部を燃焼させて得られた排ガス及び／又は他の燃料（例えば、天然ガスなどの清浄な燃料）を燃焼させて得られた排ガスの顕熱を用いて

、第2の熱交換器において予熱し、さらに昇温（好ましくは500℃以上の温度に昇温）させる。

## 【0079】

ここで、上記(i)の工程において発生ガス(s)及び／又は支燃用酸素含有ガス(o)を予熱し、500℃未満の温度に昇温させるために、RHFからの排出ガスは第1の熱交換器に導入される前に前記予熱温度に適した温度（例えば、550℃程度）まで冷却された後、第1の熱交換器に導入される。このためRHFからの排出ガス中に含まれるNa, K, Cl, SO<sub>x</sub>などの腐食性成分による熱交換器の腐食が防止され、熱交換器の耐用性を高めることができる。

## 【0080】

また、上記(ii)の工程においては、前記発生ガス(s)の一部や他の燃料（例えば、天然ガスなどの清浄な燃料）を燃焼させて得られた排ガスは、Na, K, Cl, SO<sub>x</sub>などの腐食性成分を含まないクリーンなガスであるため、これを高温ガスの状態（例えば、800℃程度）で第2の熱交換器に導入し、発生ガス(s)及び／又は支燃用酸素含有ガス(o)と熱交換しても、腐食性成分による熱交換器の腐食という問題は生じない。

なお、上記(ii)の工程において、発生ガス(s)以外の他の燃料を燃焼させて得られた排ガスを予熱用熱媒として利用する場合、その燃料としては天然ガス、工業用プロパン、灯油、ガソリンなどの工業用燃料を用いることができる。

以上により、熱交換器の耐用性を確保しつつ、RHFからの排出ガスの顕熱を利用してSRFの発生ガス(s)や支燃用酸素含有ガス(o)を所定の温度（好ましくは500℃以上）に予熱し、これをRHFに供給することができる。

## 【0081】

次に、本発明においてSRFの発生ガスをRHFの燃焼用ガスとして用いることの意義を従来技術と比較して説明する。

一般に、RHFは混合物原料の乾燥・加熱帯とこれに続く還元帯とからなるが（図18参照）、従来技術のように混合物原料を高金属化率（90%以上）まで還元する場合には、混合物原料の再酸化を防ぐために還元帯雰囲気中のCO<sub>2</sub>濃度やH<sub>2</sub>O濃度はある一定レベル以下に抑える必要がある。このためSRFの発

生ガス、特に二次燃焼率の高い発生ガス（すなわち、 $\text{CO}_2$  濃度や  $\text{H}_2\text{O}$  濃度が高い発生ガス）を R H F の燃焼用ガスとして使用すると、混合物原料を十分に高い金属化率まで還元できないという問題があり、このため実際上は S R F の発生ガスを R H F の燃焼用ガスとして用いることは殆んど不可能である。

## 【 0 0 8 2 】

これに対して本発明では、予備還元後の混合物原料の金属化率を低く設定（平均金属化率 5 ～ 5 5 %）しているため、還元帯内で混合物原料の表層が多少酸化されても全く問題はない（後述するように、場合によってはむしろ望ましいと言える）。すなわち、従来技術で混合物原料を平均金属化率 9 5 % まで還元する場合、還元帯内に二次燃焼率が比較的高い S R F 発生ガスを導入することにより、例えば直径 1 0 m m のペレットの表層 0 . 5 m m 厚み分が再酸化されると平均金属化率は 7 0 % に低下してしまい、このため従来技術が意図するような高金属化率を得ることは困難となる。これに対して本発明において混合物原料を平均金属化率 4 0 % まで還元する場合、還元帯内に二次燃焼率が比較的高い S R F 発生ガスを導入することにより、例えば直径 1 0 m m のペレットの表層 0 . 5 m m 厚み分が再酸化されも平均金属化率 3 0 % 程度を確保することができ、本発明が意図する平均金属化率を問題なく達成することができる。したがって、本発明では S R F の発生ガス、それも二次燃焼率が 2 0 % 以上の発生ガスであっても、これを R H F の燃焼用ガスとして何ら問題なく使用することができる。

## 【 0 0 8 3 】

また、本発明において R H F で混合物原料を予備還元するに当っては、その還元帯で混合物原料を還元するとともに、混合物原料粒子の表層に酸化層を形成させておくことが好ましい。このように R H F 内で混合物原料の表層に酸化層を形成させておくことにより、R H F から出て S R F で溶解されるまでの間に混合物原料がそれ以上酸化する恐れがなく、R H F から出た混合物原料が再酸化されることによる R H F でのエネルギーロスを防止できる。すなわち、所定の平均金属化率に予備還元された混合物原料が、R H F から出て S R F で溶解されるまでの間に再酸化されると、この再酸化された分だけ R H F での還元に要したエネルギーが無駄になる。これに対して R H F 内において混合物原料の表層に酸化層を形

成させるとともに、原料粒子全体で所定（目標）の平均金属化率になるように粒内部側を所定の金属化率に還元することにより、RHFを出てからの混合物原料の再酸化を防止してRHFでの還元に必要なエネルギーの無駄を防止しつつ、所定の平均金属化率の混合原料をSRFで溶解することができる。

## 【0084】

RHF内で混合物原料の表層に酸化層を形成させるには、RHFの還元帯の一部または全領域において炉内雰囲気中のガス酸化度（ $= (\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}) / (\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O})$ ）を30%以上とすることが有効である。RHF内の混合物原料は炉内雰囲気中の $\text{CO}_2$ や $\text{H}_2\text{O}$ 濃度が高い方が再酸化され易く、還元帯の一部又は全部の炉内雰囲気中のガス酸化度を30%以上とすることにより、混合物原料粒子の表層に容易に酸化層を形成させることができる。還元帯内での混合物原料の還元は原料粒子の表層側から生じ、粒内部に進行するが、還元帯の炉内雰囲気中のガス酸化度が高いと、一旦還元した原料粒子の表層が再酸化されることにより表層に酸化層が形成される。

## 【0085】

RHFの還元帯の一部または全領域において炉内雰囲気中のガス酸化度を30%以上とするには、例えば、SRFの発生ガスを燃焼用ガスとしてRHFに導入する場合には、SRFでの発生ガスの二次燃焼率を高くし（好ましくは二次燃焼率20%以上）、この発生ガスを還元帯に導入することが有利であるが、いずれの場合でも、還元帯に設けられた燃焼バーナの空気比を高めることが有効である。

本発明において予備還元される混合物原料の表層に酸化層を形成できるのは、予備還元後の混合物原料の平均金属化率を低く設定しているからである。これに対して、従来技術のように混合物原料を高金属化率に還元する場合には、先に述べたように表層に極く薄い酸化層が形成されただけで平均金属化率が大幅に低下するため、酸化層を形成させることは事実上不可能である。

## 【0086】

予備還元試験炉において、還元帯内の雰囲気を種々変化させて混合物原料（ペレット）を予備還元し、その平均金属化率を調べた結果を図11に示す。この試験では、原料ペレットの成分、炉内温度、回転速度を全て一定とし、還元帯内の



雰囲気をガス酸化度を指標に変化させた。図 1 1 によれば、還元帯内の雰囲気のガス酸化度が 2 0 % 以下では平均金属化率 9 0 % の予備還元ペレットが製造できるが、ガス酸化度が 3 0 % 以上では予備還元ペレットの平均金属化率が低下し、平均金属化率 9 0 % の予備還元ペレットの製造は殆ど不可能であることが判る。

## 【 0 0 8 7 】

上述したように、従来技術のように混合物原料を高金属化率に還元する場合には、R H F 内での酸化を極力抑制するために炉内雰囲気中のガス酸化度（ $\text{CO}_2$  及び  $\text{H}_2\text{O}$  濃度）を可能な限り低くする必要があり、この結果、R H F において多量の未燃ガスが生成され、この未燃ガスは乾燥・加熱帯でも消費し切れなため、炉外燃焼させる必要がある。これに対して本発明では R H F 内のガス酸化度を高く設定するため、未燃ガスの生成量を最小限に抑えることができ、結果として R H F での必要エネルギー量を節減できる。

## 【 0 0 8 8 】

図 1 2 に、本発明による R H F - S R F プロセスの一実施形態のフローを示す。

まず、炭材（通常、石炭）と鉄鉱石（粉鉱石）からなる混合物原料を混合・造粒してペレット化した後に R H F で予備還元する場合には、図中実線で示すように粉鉱石 1 と石炭 2 とを必要に応じて粉砕装置 1 9, 3 により粉砕処理した後、両者をペレタイザー 6 2 で混合・造粒してペレット化する。そして、このペレット 6 0 を R H F 7 に装入し、予備還元製錬が行われる。また、炭材（通常、石炭）と鉄鉱石（粉鉱石）からなる混合物原料を混合したままでペレット化しない場合には、図中破線で示すように石炭 2 を必要に応じて粉砕装置 3 で粉砕処理した後、この石炭 2 と粉鉱石 1 をミキサー 4 で混合し、この粉粒状混合物原料 6 1 を R H F 7 に装入し、予備還元製錬が行われる。前記 R H F 7 には燃料ガス 8 として S R F の回収ガス 1 3 （発生ガス）が供給され、この燃料ガスを燃焼させることによって混合物原料が加熱され、粉鉱石 1 を石炭 2 で還元して平均金属化率 5 ~ 5 5 w t % の半還元鉄 9 が製造される。

## 【 0 0 8 9 】

R H F 7 で予備還元された半還元鉄 9 を含む混合物原料（ペレット 6 0 又は粉

粒状混合物原料 6 1) は S R F 1 0 に装入され、最終還元と溶解を目的とした仕上げ製錬が行われる。S R F 1 0 では酸素ガス 1 1 と石炭 2 が供給され、溶銑 1 2 と回収ガス 1 3 が得られる。なお、S R F 1 0 では炉の立上げ時には溶銑等の種湯の装入を要するが、定常操業状態では炉内鉄浴の存在によりその必要はない。

S R F 1 0 の回収ガス 1 3 の一部は、先に述べたように燃料ガス 8 として R H F 7 に供給され、残りの回収ガス 1 3 は余剰ガス 1 4 として図示しない製鋼工場や圧延工場、表面処理工場、酸素・発電工場等で消費される。

#### 【 0 0 9 0 】

回収ガス 1 3 の発熱量は天然ガス等と比べると発熱量が低く ( $1000 \sim 2000 \text{ kcal/Nm}^3$ )、また、回収後の除塵処理により温度低下しているため、主たる燃料ガス 8 として回収ガス 1 3 を用いる場合には、燃料ガス 8 を昇熱器 5 (熱交換器) で加熱する。この昇熱器 5 では、R H F 7 からの排出ガス 1 5 の顕熱との熱交換により回収ガス 1 3 を間接加熱する。また、他の方式としては、余剰ガス 1 4 を燃焼させ、その排ガスの顕熱との熱交換により回収ガス 1 3 を間接加熱してもよい。

また、R H F 7 に供給されべき空気又は酸素富化空気などの支燃用酸素含有ガス 8' についても、前記昇熱器 5 において R H F 7 からの排出ガス 1 5 の顕熱との熱交換により間接加熱し、これを R H F 7 に供給する。また、他の方式としては、余剰ガス 1 4 (S R F の発生ガス) を燃焼させ、その排ガスの顕熱との熱交換により支燃用酸素含有ガス 8' を間接加熱してもよい。

#### 【 0 0 9 1 】

次に、図 1 3 は回収ガス 1 3 (S R F の発生ガス) 及び支燃用酸素含有ガス 8' を予熱して R H F 7 に供給するための他の実施形態を示すもので、この実施形態では、まず、R H F 7 からの排出ガス 1 5 の顕熱を利用して第 1 の昇熱器 5 a (熱交換器) において回収ガス 1 3 及び支燃用酸素含有ガス 8' を予熱するが、この際、 $1200^\circ\text{C}$  程度の高温ガスである R H F 7 からの排出ガス 1 5 を、冷却装置 3 0 (例えば、廃熱回収ボイラ) で  $550^\circ\text{C}$  程度まで冷却した後、第 1 の昇熱器 5 a に導入し、この排出ガス 1 5 の顕熱により前記回収ガス 1 3 及び支燃用

酸素含有ガス 8' を 5 0 0℃未満の温度（好ましくは 2 0 0℃以上、より好ましくは 3 0 0℃以上の温度）に間接加熱する。このようにして加熱された回収ガス 1 3 及び支燃用酸素含有ガス 8' は、さらに第 2 の昇熱器 5 b で予熱される。この第 2 の昇熱器 5 b には、前記回収ガス 1 3 の一部をバーナー 3 1 で燃焼させて得られた高温の燃焼排ガス 2 7 が導入され、その顕熱を利用して回収ガス 1 3 及び支燃用酸素含有ガス 8' を好ましくは 5 0 0℃以上に間接加熱する。なお、昇熱器 5 b に導入して前記回収ガス 1 3 及び支燃用酸素含有ガス 8' と熱交換させる燃焼排ガスとしては、例えば天然ガスなどの他の燃料（清浄な燃料）を燃焼させて得られた燃焼排ガスでもよい。また、前記バーナー 3 1 で用いる支燃用ガスとしても、昇温器 5 a 又は 5 b で予熱された支燃用酸素含有ガス 8' を利用することができる。そして、このようにして所望の温度（好ましくは 5 0 0℃以上）に予熱された回収ガス 1 3 （燃料ガス 8）及び支燃用酸素含有ガス 8' が R H F 7 に供給される。

## 【 0 0 9 2 】

このような実施形態では、R H F 7 からの排出ガス 1 5 は第 1 の昇熱器 5 a に導入される前に冷却装置 3 0 において適度な温度まで冷却されているため、R H F 7 からの排出ガス中に含まれる N a , K , C l , S O x などの腐食性成分による第 1 の昇熱器 5 a の腐食が防止され、昇熱器の耐用性を高めることができる。また、第 2 の昇熱器 5 b に導入される、回収ガス 1 3 の一部（または、それ以外の燃料ガス）を燃焼させて得られた排ガスは N a , K , C l , S O x などの腐食性成分を含まないクリーンなガスであるため、これを高温ガスの状態（例えば、8 0 0℃以上）で第 2 の昇熱器 5 b に導入しても、腐食性成分による昇熱器の腐食という問題を生じることはなく、このため回収ガス 1 3 及び支燃用酸素含有ガス 8' を所望の高温状態に予熱することができる。これにより、昇熱器（熱交換器）の耐用性を確保しつつ、R H F 7 からの排出ガス 1 5 の顕熱を利用して回収ガス 1 3 や支燃用酸素含有ガス 8' を所望の温度（好ましくは 5 0 0℃以上）に予熱し、これを R H F 7 に供給することができる。

## 【 0 0 9 3 】

以上述べた本発明の金属製錬法は、予備還元炉として R H F を用い、溶解炉と

してSRFを用いる場合を例に説明したが、予備還元炉としてはRHF以外にロータリーキルン方式の予備還元炉を用いることもできる。このロータリーキルン方式の予備還元炉は間接加熱方式、直接加熱方式のいずれでもよいが、炭材と鉱石の溶融・反応という点でRHFにおいて粉粒状混合原料を装入した時の反応状況にほぼ等しい。なお、SRFの発生ガスを燃焼ガスとして用いる場合にはガスカロリーが低い場合もありうるので、支燃性ガスとして高温予熱空気を使用したり、管状火炎バーナのような燃焼安定性の高い燃焼装置を用いることが望ましい。

#### 【0094】

また、溶解炉としては炭材を還元材とし且つ該炭材の燃焼熱と炉内で発生する一酸化炭素の燃焼熱を主たる熱源として鉄鉱石の溶解及び最終還元を行う炉であればSRFに限定されるものではなく、したがって、熱源の一部として電力を用いるタイプの炉であってもよい。例えば、SAFやその他の電気炉に別に炭材供給設備と酸素（又は空気等）吹込装置を設置することで、投入電力を下げるようにしたタイプの炉などを用いてもよい。

また、以上の説明では、溶融還元の対象となる金属酸化物及び／又は金属水酸化物として鉄鉱石を例にして説明したが、他の金属酸化物及び／又は金属水酸化物としてNi鉱石、Cr鉱石、Mn鉱石などを対象とすることもできる。また、ZnやPb等の重金属を含有することが多いダストやスラッジ等の産業廃棄物などを対象としてもよい。

#### 【0095】

次に、本発明法を実施するのに好適なRHFの一実施形態とその操作方法について説明する。

図14及び図15は、本発明の実施に好適なRHF7の一実施形態を示すもので、図14は斜視図、図15は原料装入口と原料払出口の平面位置を示す説明図である。

このRHF7の炉本体は、リング状の回転炉床71とこの回転炉床全体を覆うことで炉内雰囲気を維持する炉壁72とから構成されており、前記回転炉床71は図に示した矢印方向に回転する。前記炉壁72内の上部には燃焼バーナ（図示

せず) が炉周全長にわたって所定の間隔で設けられている。また、炉壁 7 2 には炉内ガス排出口 1 8 が設けられている。

#### 【 0 0 9 6 】

この R H F 7 には、周方向で略 1 8 0 ° 対向した位置にそれぞれ原料装入口 1 5 1, 1 5 2 が設けられ、また、一方の原料装入口 1 5 1 に近接した位置 (反炉床回転側に近接した位置) に原料払出口 1 6 が設けられている。なお、原料装入口 1 5 1, 1 5 2 の位置は、厳密には周方向で 1 8 0 ° 対向した位置でなく、原料装入口 1 5 1 と原料装入口 1 5 2 間の周長と、原料装入口 1 5 2 と原料払出口 1 6 間の周長が略等しくなるような位置関係に配置されている。

前記原料払出口 1 6 における原料払出機構 (原料排出装置) は任意であるが、例えば、これを回転炉床 7 1 を横切るスクリュウ装置で構成し、このスクリュウ装置により原料層から原料を切り出し或いは掻き出すとともに、原料払出口 1 6 側に移送するような払出機構を採用することができる。

#### 【 0 0 9 7 】

原料払出口 1 6 の下方には、予備還元されて払出された混合物原料を搬出するためのベルトコンベア 1 7 が設けられている。なお、このベルトコンベア 1 7 に代えて、密閉型の搬送容器 (コンテナ) を原料払出口 1 6 の下方に移動させ、払出された混合物原料を受入れた後、これを S R F 炉に搬送するようにしてもよく、これにより予備還元された後 S R F に装入されるまでの間の混合物原料の温度低下と再酸化を極力防止できる。

#### 【 0 0 9 8 】

次に、このような R H F を用いた操作方法について、混合物原料を造粒したペレットを予備還元する場合を例に説明する。

混合物原料のペレットは、2 つの原料装入口 1 5 1, 1 5 2 の上方から図示しない原料装入装置によって回転炉床 7 1 上に装入され、燃焼バーナで加熱される。一般に回転炉床 7 1 上でのペレットの装入状態は、例えば粒径 1 0 ~ 1 5 m m 程度のペレットが 1 層ないし部分的に 2 層に積層された状態であり、回転炉床 7 1 が図 1 0 の矢印の方向 (反時計回り方向) に回転しつつ、1 2 0 0 ~ 1 5 0 0 ° C の高温雰囲気下でペレットが加熱され、これによりペレットを構成する鉄鉱石

がペレットに内装された炭材により部分的に金属化するまで還元される。

#### 【0099】

図14及び図15に示すRHFでは、周方向で略180°対向した位置にそれぞれ原料装入口151、152が設けられ、また、一方の原料装入口151の反炉床回転側に近接した位置に原料払出口16が設けられているので、以下のようにしてペレットの装入・還元・払出が行われる。まず、第1の原料装入口151から回転炉床71上にペレットが装入され、この第1のペレット装入層（原料層）が第2（下流側）の原料装入口152からペレットが装入されるまでの間、すなわち回転炉床71が約1/2周するまでの間、炉内雰囲気からの直接的な伝熱により加熱される。通常、回転炉床71が約1/2周する時間は約4～5分程度であり、この間においてペレットが略目標とする平均金属化率又はそれに近い平均金属化率まで還元される。このようにして還元された第1のペレット装入層上に、第2の原料装入口152から新たなペレットが装入される。そして、この第2のペレット装入層（原料層）も原料払出口16に達するまでの間、すなわち回転炉床71がさらに約1/2周するまでの間、炉内雰囲気からの直接的な伝熱により加熱され、ペレットは略目標とする平均金属化率まで還元される。そして、これら第1及び第2のペレット装入層は原料払出口16において炉外に払い出される。

#### 【0100】

図16は、本発明の実施に好適なRHFの他の実施形態を示すもので、原料装入口と原料払出口の平面位置を示す説明図である。

この実施形態のRHF7は、周方向の3箇所に略等間隔でそれぞれ原料装入口151、152、153が設けられ、また、1つの原料装入口151に近接した位置（反炉床回転側に近接した位置）に原料払出口16が設けられている。なお、原料装入口151、152、153の位置は厳密には周方向で等間隔ではなく、原料装入口151と原料装入口152間の周長と、原料装入口152と原料装入口153間の周長と、原料装入口153と原料払出口16間の周長がそれぞれ略等しくなるような位置関係に配置されている。

#### 【0101】

この図 1 6 に示す R H F の操業方法も、基本的に図 1 4 及び図 1 5 に示すものと同様であり、第 1 の原料装入口 1 5 1 から回転炉床 7 1 上に装入された第 1 のペレット装入層（原料層）は回転炉床 7 1 が約 1 / 3 周する間に炉内雰囲気からの直接的な伝熱により加熱され、略目標とする平均金属化率又はそれに近い平均金属化率まで還元され、次いで、その上層に第 2 及び第 3 の原料装入口 1 5 2 , 1 5 3 から順次装入される第 2 及び第 3 のペレット装入層も、同様にして炉内雰囲気からの直接的な伝熱により加熱されて略目標とする平均金属化率まで還元され、最終的にこれら第 1 ～第 3 のペレット装入層は原料払出口 1 6 において炉外に払い出される。

## 【 0 1 0 2 】

また、原料装入口が周方向の 4 箇所以上に設けられた R H F においても、上記実施形態に準じた構成と操業方法が採用される。

また、以上は混合物原料としてペレットを用いる場合を例に説明したが、混合物原料がブリケットの場合や粉粒状混合物原料の場合も、同様である。但し、粉粒状混合物原料は熱伝達効率がペレットやブリケットよりも小さいので、その金属化率は同じ条件で予備還元したペレットやブリケットの金属化率よりも低くなる。

## 【 0 1 0 3 】

なお、上記各実施形態の操業において、第 1 のペレット装入層及び第 2 のペレット装入層（図 1 5 の実施形態）、或いは第 1 のペレット装入層～第 3 のペレット装入層（図 1 6 の実施形態）はそれぞれの炉内滞留時間が異なるため、鉄鉱石の金属化率は厳密には、第 1 のペレット装入層 > 第 2 のペレット装入層 > 第 3 のペレット装入層という関係になる。しかし、ペレット装入層の金属化率はペレット装入層が炉内雰囲気からの直接的な伝熱によって加熱される時間により略決まるため、鉄鉱石の金属化率の差は第 1 のペレット装入層及び第 2 のペレット装入層、或いは第 1 のペレット装入層～第 3 のペレット装入層でさほど大きくはなく、略均一な金属化率を得ることができる。

## 【 0 1 0 4 】

また、ペレット、ブリケットなどのような造粒体や成形体からなる混合物原料

の場合と、粉粒状のままの混合物原料の場合とを比較すると、回転炉床上における炉内雰囲気からの熱伝達係数は前者の方が格段に大きく、このため同一金属化率まで還元するのに要する時間は前者の方が短くて済む。したがって、ペレット、ブリケットなど造粒体や成形体の方が、粉粒状のままの混合物原料よりも生産性に優れており、その分、RHFの原料装入口の数を多くすることができる。

#### 【0105】

また、RHFの原料払出口については、複数の原料装入口に対して1つの原料払出口しかない場合には、各原料装入口から装入された原料の炉内滞留時間が異なるため、厳密にいうと鉄鉱石の金属化率は不均一化するが、先に述べたようにその程度は軽微であり、したがって原料払出口が1箇所でも何ら問題はない。但し、各原料装入口の反炉床回転側の近接した位置にそれぞれ原料払出口を設けることもでき、この場合には混合物原料の金属化率をより均一なものとすることができる。また、原料払出機構の払出能力の関係で1基の原料払出装置（例えば、先に述べたスクリュウ装置）だけでは原料層の払出を行なえないような場合には、原料払出口を隣接した位置に2箇所以上設け、それぞれに原料払出装置を設置することもできる。

また、炉内ガス排出口については、各原料装入口間にそれぞれ設けてもよく、この設置数は任意である。

#### 【0106】

以上述べたような本発明のRHFは、金属化率の低い半還元鉄を高い生産性で製造することができ、この点で本発明の金属製錬法の実施に極めて好適なものである。したがって、このRHFを先に述べた本発明のRHF-SRFプロセスに適用することにより、この溶銑製造プロセスの狙いとする高生産性、消費エネルギー原単位の低減化、エネルギーバランスの適正化を効果的に実現できる。

一般に、従来のRHFにおいて、生産性を向上させ且つ金属化率の低い半還元鉄を製造しようとする場合、以下のような阻害要因がある。

#### 【0107】

① RHFの炉径を大型化することにより半還元鉄の生産性を向上させることが考えられるが、RHFの炉径は製作精度などの制約から最大で50m程度（既存



の最大規模の R H F もこの程度の炉径) であると考えられ、したがって、R H F の炉径の大型化による生産性の向上には限界がある。

② R H F の回転炉床の回転速度を速めることにより半還元鉄の金属化率を低下させることが考えられるが、回転炉床の回転速度を速めると設備に対する機械的負荷が増加し、高速回転に伴う摩耗・機器損耗が著しく増大してしまう。このため回転炉床の回転速度の調整により半還元鉄の金属化率を低下させる方法は現実的でない。

#### 【 0 1 0 8 】

③ R H F の回転炉床への原料層厚さを増大させて生産性を高めることが考えられるが、R H F は原料層をその上面から加熱する方式であるために、原料層厚さを増大させると原料層の下層領域では還元反応が著しく遅滞する。このため製造される半還元鉄の金属化率に大きなバラツキを生じてしまう。

このような問題に対して上記本発明の R H F によれば、炉径、回転炉床の回転速度、回転炉床に装入する原料層厚さなどを従来の水準に維持しつつ、金属化率の低い半還元鉄を高い生産性で製造することができる。

なお、上記 R H F は本発明の金属製錬法以外にも適用できることは言うまでもなく、例えば、この R H F で製造された半還元鉄を製品として外販し、或いは他のプロセス（例えば、先に述べた S A F など）の原料として用いることもできる。

#### 【 0 1 0 9 】

次に、本発明の R H F - S R F プロセスにおける R H F の操作方法について、幾つかの好ましい実施形態を説明する。なお、以下に述べる実施形態の操作方法は R H F の構造に拘りなく適用でき、したがって、例えば、図 1 7 及び図 1 8 に示す R H F、図 1 4 ~ 図 1 6 に示す R H F のいずれにも適用できる。

先に述べたように R H F の原料払出口 1 6 における原料排出装置（原料払出機構）としては任意のものを採用できるが、通常は回転炉床 7 1 上の原料層を機械的手段により切り出し或いは掻き出すことにより払出がなされる。図 1 9 及び図 2 0 は、原料払出口部に設けられる原料排出装置 6 の一例を示すもので、この装置は回転炉床 7 1 の上部を横断する原料掻き出し用スクリー一体 2 0 を備えてお

り、このスクリー一体 2 0 を駆動装置 2 1 で回転させることにより原料層 A を切り崩すとともに、その原料を原料払出口 1 6 に搬出するものである。

#### 【0 1 1 0】

しかし、このような機械的手段による原料の払出しを行った場合、回転炉床 7 1 の耐火物が損傷又は損耗する恐れがある。したがって、これを防止するため、図 2 0 に示すように回転炉床 7 1 上に原料払出口 1 6 から払出しされない粉粒物層 a を形成しつつ予備還元を行うことが好ましい。この粉粒物層 a は混合物原料であってもよいし、他の粉粒物であってもよい。このような原料払出口 1 6 から払出しされない粉粒物層 a を形成することにより、回転炉床 7 1 上の原料層 A を機械的手段により切り出し或いは掻き出す場合でも、回転炉床 7 1 の損傷や損耗を効果的に抑えることができる。

#### 【0 1 1 1】

また、回転炉床 7 1 上に粉粒状混合物原料を装入して予備還元を行った場合、混合物原料中の鉄鉱石が二次焼結を生じやすく、このような鉄鉱石の二次焼結が原料層の最下層側で生じると、その部分の原料の払出に支障をきたす恐れがある。このため粉粒状混合物原料を用いる場合には、図 2 1 に示すように原料層 A の最下層部 b に上層部側に較べて鉄鉱石の割合の少ない層（例えば、炭材や副原料の割合が多い層）を形成することが好ましい。これにより原料層の最下層部 b の二次焼結を防止し、原料の払出を適切に行うことができる。

#### 【0 1 1 2】

また、原料層に混合物原料とともに石灰石などの未焼成の副原料を装入して焼成する場合、副原料の焼成により発生する  $\text{CO}_2$  が混合物原料中の炭材を消費し（ $\text{CO}_2 + \text{C} \rightarrow 2\text{CO}$ ）、予備還元消費できる炭材量が減少してしまうという問題があるが、これを抑制するために溶解炉に装入すべき未焼成の副原料を R H F に装入する場合には、図 2 2 に示すように原料層 A の最下層部 c に副原料の層又は副原料を主体とする層を形成し、副原料が炭材となるべく接触しないようにすることが好ましい。したがって、未焼成の副原料は混合物原料と混合し又は混合・造粒若しくは混合・成形してもよいが、できれば混合物原料と混合することなく単独で回転炉床上に装入し、その上層にペレット化又はブリケット化した混

合物原料や粉粒状混合物原料を装入し、副原料の焼成と混合物原料の予備還元を行うことが最も好ましい。

#### 【0 1 1 3】

なお、図 2 1 や図 2 2 に示すような原料層 A は、例えば、後述する操業形態の図 2 3 に示すような R H F を使用することにより形成することができる。すなわち、回転炉床 7 1 上に原料装入口 1 5 1 b から鉄鉱石の割合の少ない原料（図 2 1 の場合）、或いは副原料又は副原料を主体とする原料（図 2 2 の場合）を装入した後、その上に原料装入口 1 5 1 a から通常の混合物原料を装入する。

#### 【0 1 1 4】

また、図 2 3 及び図 2 4 は混合物原料としてペレット、ブリケットなどのような造粒物や成形体を用いる場合の好ましい操業形態の一例を示している。この操業形態では、混合物原料のペレット、ブリケットなどのような造粒物や成形体（以下、「ペレット」を例に説明する）を装入して予備還元を行う場合、まず、原料装入口 1 5 1 b から回転炉床 7 1 上に粉原料などの粉粒物を装入した後、回転炉床移動方向の下流側において上記装入物 d の上層に原料装入口 1 5 1 a からペレット B を装入する。これによりペレット B の着床時の衝撃が和らげられ、着床時におけるペレット B の割れや粉化が抑えられる。

#### 【0 1 1 5】

また、粉粒物としてペレタイジングの際に発生した粉原料（主として鉄鉱石や石炭の粉）を用いることにより、ペレット B の炉内ガスからの受熱を維持したまま粉原料の昇温ができる利点がある。すなわち、ペレタイジングの際に発生した粉原料をペレットとともに回転炉床上に装入した場合、粉原料がペレットを覆って断熱材となり、炉内ガスからのペレット B の受熱が阻害されるという問題がある。これに対して、上記方法のようにペレット B から粉原料を分離し、これをペレット装入前に回転炉床上に装入することにより、ペレット B の炉内ガスからの受熱を十分に確保しつつ、粉原料を加熱・昇温させることができる。また、粉原料は粉同志の伝熱が悪いため一種の断熱材となって炉床温度も低く維持され、このため耐火物損耗が抑えられるとともに、炉底からの放熱によるヒートロスも減少させることができる。さらに、原料排出後に炉床が輻射放冷（冷却量は、絶対

温度の4乗に比例)される際に、炉床温度が低いため原料払出部における耐火物の冷却量も低減させることができる。

## 【0116】

ペレットBの装入に先立って回転炉床71上に装入される装入物dとしては、粉粒状原料(例えば、鉄鉱石、石炭などの粉原料)や溶解炉に装入すべき副原料(例えば、石灰石、生石灰、ドロマイトなど)の粉粒物が挙げられ、これら1種以上を用いることができる。また、これら粉粒状原料や副原料の粉粒物を主体とする装入物(すなわち、粉粒状原料や副原料の粉粒物以外のものが一部含まれるような装入物)であってもよい。

また、粉粒物としてペレタイジングの際に発生した粉原料(主として鉄鉱石や石炭の粉)を用いれば、上記のような効果が得られることになる。また、この場合には上述のように炉床温度が低く、しかもペレットに較べて内包水分も少ないので内包水分の急加熱による急膨張(爆裂)が発生し難く、このため未乾燥の粉原料(例えば、水分が3~10%程度)を使用することができる。

## 【0117】

また、ペレットに含まれる(内装される)石炭以外にSRFで必要な石炭の一部又は全量を前記装入物dの一部又は全部に用いた場合には、この石炭は揮発成分が脱揮され且つ昇温された状態でSRFに送られるため、石炭をそのままSRFに装入する場合に較べて、SRFの酸素・石炭原単位を低減させることができる。また、RHF内で石炭から脱揮された揮発成分はRHF内の燃料ガスとして消費できるため、その分RHFでの燃焼用ガスも節減できる。

また、装入物dとして石灰石やドロマイトなどの未焼成の副原料(溶解炉に装入すべき副原料)を用いることにより、これらをRHF内で焼成することができるため、副原料の焼成に要するエネルギーコストが低減できる。

## 【0118】

したがって、回転炉床71上に装入する装入物dを石炭又は石炭を主体とする装入物とすること、或いは未焼成の副原料又はこの副原料を主体とする装入物とすることにより、上記のような各効果を得ることができる。

前記装入物dの装入位置(原料装入口151b)からペレットBの装入位置(

原料装入口 1 5 1 a) までの回転炉周方向での距離は、回転炉床 7 1 の回転角度  $\theta$  で  $30^\circ$  以内とすることが好ましい。この距離が回転炉床 7 1 の回転角度  $\theta$  で  $30^\circ$  を超えると、R H F の有効炉床面積が低下して生産性が低下するとともに、炉床の熱により装入物 d 中の炭材分から発生する揮発性ガスの有効利用ができない。

## 【 0 1 1 9 】

回転炉床 7 1 上に装入される粉粒状原料や副原料の粉粒物は、粒径（篩目）が  $0.05 \sim 10 \text{ mm}$ 、好ましくは  $0.1 \sim 8 \text{ mm}$  のものが望ましい。粒径が  $0.05 \text{ mm}$  未満では装入時や R H F 炉内でのダスト発生量が増加する。一方、 $10 \text{ mm}$  を超えると、炉床からの加熱による爆裂の危険が増し、また、クッション材としての効果も低下する。

また、この操業形態ではペレットとして事前乾燥処理（造粒後の乾燥処理）を施していないものを用いても、装入物 d によりペレット着床直後の炉床からの急激な受熱が防げるため、ペレット内包水分に起因したペレットの爆裂を防ぐことができる。したがって、水分を  $3 \sim 10 \%$  程度含む未乾燥処理のペレット B を装入物 d の上層に装入することができる。

## 【 0 1 2 0 】

図 2 5 及び図 2 6 は他の好ましい操業形態の一例を示すもので、原料払出口 1 6 から払い出される直前の原料層 A 上に、原料装入口 1 5 4 から混合物原料などを冷却材 e として装入し、原料払出口 1 6 に設けられた原料排出装置 6 により冷却材 e が混合された状態で処理済み原料（成品）を炉外に払い出すようにするものである。

## 【 0 1 2 1 】

先に述べたように原料払出部では原料排出装置 6 としてスクリー装置などの機械的手段が用いられるが、このような機械的手段で高温に加熱された原料をそのまま払い出すと熱による機械部分の損耗が激しい。このため通常は、原料払出部の直前に水冷パネルなどを設けて原料（成品）の温度を  $200^\circ\text{C}$  程度下げてから払出を行っている。しかし、このような方法は冷却水が無駄であるとともに、処理済み原料の熱ロスにもなる。これに対して、上記方法のように混合物原料な

どからなる冷却材 e が処理済み原料に混合されて払い出しが行われるようにすることにより、冷却水を用いることなく処理済み原料が適切に冷却され、原料排出装置 6 の熱による損耗を防止できるとともに、処理済み原料との間で熱交換された冷却材 e 自体も S R F に装入されることになるため、原料（成品）の熱ロスも防止できる。

#### 【 0 1 2 2 】

但し、この方法では冷却材は未還元のまま S R F に投入されることになるため、冷却材の量が多すぎると S R F の原単位が悪化するという問題があり、このため原料層 A 上に装入される冷却材 e 中の F e 量 (A) と原料層 A を構成する原料中の F e 量 (B) の重量比 (A) / (B) を  $1/10 \sim 1/1$  とすることが好ましい。(A) / (B) の重量比が  $1/10$  未満では処理済み原料の冷却効果が十分でなく、一方、 $1/1$  を超えると S R F の原単位が悪化する。

冷却材 e としては、例えば、粉粒状の混合物原料、鉄鉱石、溶解炉に装入すべき副原料（例えば、石灰石、生石灰、ドロマイトなど）、炭材（石炭など）の中から選ばれる 1 種以上を用いることができる。また、これらよりは冷却効果も悪く高価ではあるが、ペレットやブリケット塊原料などを用いてもよい。

#### 【 0 1 2 3 】

本発明のもう一つの金属製錬法は、少なくとも炭材と金属酸化物及び／又は金属水酸化物を予め混合し又は混合・造粒若しくは混合・成形して得られた混合物原料を、予備還元炉で金属酸化物及び／又は金属水酸化物の一部が金属化する状態まで予備還元し、この予備還元された混合物原料を金属製錬用の溶解炉で溶解及び最終還元する金属製錬において、予備還元炉から排出された高温排ガスの顕熱を有効利用し且つその排ガスの脱硫を行なうために、前記溶解炉に装入すべき未焼成の副原料を、予備還元炉から排出された高温排ガスと接触させることにより焼成する金属製錬法である。

#### 【 0 1 2 4 】

また、このような金属製錬法の実施に好適な本発明の製錬設備は、金属酸化物及び／又は金属水酸化物を炭材とともに装入して加熱及び予備還元するための予備還元炉と、該予備還元炉から排出された高温排ガスを導入して、金属製錬用の

溶解炉に装入すべき未焼成の副原料と接触させることにより該副原料を焼成するための焼成炉と、前記予備還元炉で加熱及び予備還元された金属酸化物及び／又は金属水酸化物を溶解及び最終還元するための金属製錬用の溶解炉とを有することを特徴とする金属製錬設備である。

## 【 0 1 2 5 】

先に述べたように R H F などの予備還元炉の排ガスは温度が高く（1 2 0 0 ～ 1 5 0 0℃）、且つ硫黄分が比較的高濃度に含まれており、この排ガスを適当な炉（例えば、ロータリーキルン炉、回転炉床炉、サスペンションプレヒーター式のキルン、シャフト式の焼成炉、流動床式の焼成炉など）に導入して石灰石やドロマイトなどの未焼成の副原料と接触させることによりこの副原料を焼成することができ、しかも副原料中に含まれる C a O などが排ガスの脱硫剤として作用するため、R H F の排ガスを脱硫する効果が得られる。

## 【 0 1 2 6 】

また、焼成炉から排出された排ガスは未だ高温であるため、熱交換器においてその排ガス顕熱で空気を加熱し、この予熱空気を燃焼用空気などとして R H F などの予備還元炉に供給することもできる。

予備還元炉の排ガスを導入して副原料の焼成を行なうための焼成炉としては、例えば、直接加熱方式（加熱ガスと被加熱物を接触させる方式）のロータリーキルン炉などを用いることができるが、これに限定されるものではない。

## 【 0 1 2 7 】

図 2 7 は、直接加熱方式のロータリーキルン炉を焼成炉として用いた場合の一実施形態を示しており、未焼成の副原料と予備還元炉（この例では、R H F）の排ガスはともにロータリーキルン内に導入されて接触し、排ガスの顕熱により副原料が焼成されるとともに、副原料に含まれる C a O などにより排ガスが脱硫される。焼成された副原料は S R F などの溶解炉に装入され、一方、ロータリーキルンから排出された排ガスはサイクロンで除塵された後、熱交換器においてその顕熱で空気を加熱した後、バグフィルタを経由して系外に排出される。また、前記熱交換器により加熱された予熱空気は燃焼用空気などとして予備還元炉される。

## 【 0 1 2 8 】

このような金属製錬法では予備還元炉で製造される半還元鉄の金属化率や使用する予備還元炉は特に限定しないが、半還元鉄の金属化率を先に述べたような特定の条件とし、また、先に述べたような特定の予備還元炉を用いることにより、よりエネルギー効率の高い金属製錬を行なうことができる。すなわち、鉄鉱石を平均金属化率が先に述べた所定の範囲となるように予備還元する R H F などの予備還元炉から排出された高温排ガスをを用い、これを溶解炉に装入すべき未焼成の副原料と接触させることにより副原料の焼成を行う。また必要に応じて、副原料の焼成に用いた高温排ガスで空気を予熱し、この予熱空気を燃焼用空気などとして R H F などの予備還元炉に供給する。

また、そのため設備としては、先に挙げたような R H F などの予備還元炉と、この予備還元炉から排出された高温排ガスを導入して、溶解炉に装入すべき未焼成の副原料と接触させることにより該副原料を焼成するための焼成炉と、金属製錬用の溶解炉とを有するものとなる。

## 【 0 1 2 9 】

## 【実施例】

## [ R H F 操業例 ]

原料装入口の配置が図 1 5、図 1 6、図 1 8 に示すような形態の R H F 設備を用い、鉄鉱石から半還元鉄を製造する試験を行ない、それぞれの R H F 設備における半還元鉄の生産性を調べた。その結果を、混合物原料の装入形態、使用した R H F の構成、R H F の回転速度、半還元鉄の平均金属化率とともに表 1 及び表 2 に示す。なお、半還元鉄の生産性は製造された半還元鉄製品中の全鉄分 ( T . F e 分 ) 換算値で評価し、表中では従来タイプの R H F を使用した “ 操業例 3 ” の生産性を基準値 ( “ 1 ” ) とする生産性インデックスで示した。

## 【 0 1 3 0 】



【表 1】

表 1

項目	操業例 1	操業例 2	操業例 3
原料装入形態	ペレット	ペレット	ペレット
原料装入口数	2	3	1
原料払出口数	1	1	1
回転速度インデックス	0.7	0.8	1
平均金属化率 (%)	55	10	90
生産性インデックス	1.4	2.3	1

【0 1 3 1】

【表 2】

表 2

項目	操業例 4	操業例 5	操業例 6
原料装入形態	粉粒状	粉粒状	粉粒状
原料装入口数	2	3	1
原料払出口数	1	1	1
回転速度インデックス	0.2	0.2	0.2
平均金属化率 (%)	55	10	90
生産性インデックス	1.0	1.6	0.7

【0 1 3 2】

RHFとしては炉径 5 m の試験炉を使用した。また、混合物原料（粉鉱石＋石炭）としてはペレットと粉粒状混合物原料の 2 種類を用い、回転炉床の回転速度についてはインデックス表示でペレット使用のときには“0. 7～1”（1 周約 30 分～12 分）、粉粒状混合物原料使用のときには“0. 2”（1 周約 60 分）とした。また、粉鉱石と石炭については、各操業例でそれぞれ同一銘柄のものを使用した。

【0 1 3 3】

混合物原料は以下のようにして調製した。まず、ペレットについては、粉鉱石を粉砕装置で 40  $\mu$ m 程度の粒径に粉砕して得られた粉粒状鉱石と、石炭を粉砕装置で粉鉱石とほぼ同等の粒径に粉砕して得られた粉粒状石炭とをペレタイザーで混合・造粒し、粒径 10～15 mm 程度のペレットを得た。

また、粉粒状混合物原料については、シンターフィードままの鉄鉱石で平均粒径が0.2～0.4 mm程度の粉鉱石と、約3 mm以下の粒径まで粉碎された粉粒状石炭とをミキサーで混合し、粉粒状混合物原料とした。

なお、混合物原料中の石炭の配合量は、鉱石量に対して2～4割程度（重量割合）の範囲で適宜設定した。また、RHFの炉内雰囲気温度は1300～1400℃の範囲で調整した。半還元鉄の平均金属化率は、炉内雰囲気温度、鉱石・炭材の配合比、炉床回転速度、原料装入層の厚さなどにより調整した。

#### 【0134】

操業例1～6のうち、操業例1及び操業例4が図15に示す本発明のRHF（周方向の2箇所に原料装入口151，152を有するRHF）を使用した例、操業例2及び操業例5が図16に示す本発明のRHF（周方向の3箇所に原料装入口151，152，153を有するRHF）を使用した例、操業例3及び操業例6が図18に示す従来タイプのRHF（原料装入口151のみを有するRHF）を使用した例である。

表1及び表2によれば、本発明のRHFを用いることにより、平均金属化率が低水準の半還元鉄を高い生産性で製造できることが判る。

#### 【0135】

##### 〔実施例〕

原料装入口の配置が図15（本発明タイプのRHF）及び図18（従来タイプのRHF）に示すような形態のRHF試験炉（炉径5 m）を用いて、上記RHF操業例に準じた方法で混合物原料（石炭＋粉鉱石）を予備還元して種々の平均金属化率の半還元鉄（いずれもペレット）を製造し、その操業条件と生産性などを実機（炉径50 mのRHF実機）換算するとともに、それらの半還元鉄を実機の溶解炉（SRF，SAF）で仕上げ製錬した場合の操業条件、各種原単位、エネルギー消費量及びエネルギーバランスを求めた。その結果を表3に示す。

なお、RHFの炉内雰囲気温度は1300～1500℃の範囲内で適宜調整した。また、表3におけるRHF（炉床）回転速度インデックスと生産性インデックスは、平均金属化率90 wt %の半還元鉄を製造する場合のRHF（炉床）回転速度と生産性を基準値（“1”）とした場合の数値である。

特2000-214241

【0136】

【表 3】

表 3

項 目	本発明例 1		本発明例 2		本発明例 3		比較例 1		比較例 2		比較例 3		備 考
	SRF	SRF	SRF	SRF	SRF	SRF	SAF	SRF	SRF	SRF	SRF	SRF	
溶解炉の種類													
RHF 回転速度インデックス	1.5	2	2	2.3	1	1	1	1	1	1	1	1	
RHF 平均金属化率 (%)	55	30	30	10	90	90	90	90	90	90	0	0	
RHF 還元率 (%)	70	53	53	40	93	93	93	93	93	93	33	33	
RHF 生産性インデックス	1.4	2	2	2.3	1	1	1	1	1	1	2.5	2.5	
RHF 必要石炭原量 (kg / 溶銑 ton)	370	300	300	250	470	470	470	470	470	470	220	220	
溶解炉必要石炭量 (kg / 溶銑 ton)	280	380	380	460	0	0	0	150	150	150	500	500	
溶解炉必要酸素量 (Nm <sup>3</sup> / 溶銑 ton)	240	290	290	330	—	—	—	170	170	170	350	350	
溶解炉回収ガス①	990	1300	1300	1550	100	100	100	550	550	550	1680	1680	
RHF 燃料原単位②	610	300	300	50	1050	1050	1050	1050	1050	1050	0	0	
RHF, 溶解炉のユーティリティ③	360	400	400	430	1540	1540	1540	500	500	500	450	450	電気・酸素・窒素等
製銑余剰エネルギー量 (Mcal / 溶銑 ton)	20	600	600	1070	-2490	-2490	-2490	-1000	-1000	-1000	1230	1230	=①-(②+③)
製銑純エネルギー消費量 (Mcal / 溶銑 ton)	4800	4500	4500	4200	6000	6000	6000	5600	5600	5600	4100	4100	
下工程使用エネルギー量④ (Mcal / 溶銑 ton)	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	
製銑所余剰エネルギー量 (Mcal / 溶銑 ton)	-1080	-500	-500	-30	-3590	-3590	-3590	-2100	-2100	-2100	130	130	=①-(②+③+④)
放散エネルギー量 (Mcal / 溶銑 ton)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	130	

## 【 0 1 3 7 】

表 3 において、比較例 1 は平均金属化率 9 0 w t % の半還元鉄を S A F にて仕上げ製錬する場合の例である。ここで、S A F での最終還元は半還元鉄の中に含まれる残留炭素で行われ、その反応と溶銑・スラグの溶解に必要な熱は電極を介して電力として投入されるものとした。また、S A F の発生ガスは回収ガスとして回収され、燃料ガスの一部として R H F に供給されるものとした。また、通常 S A F 内のスラグの塩基度 ( $= \text{CaO} / \text{SiO}_2$ ) は 1 ~ 3 程度になるように調整され、この塩基度調整に必要な量の生石灰や軽焼ドロマイトが原料とともに S A F に供給されるが、本例でもそのように想定した。

## 【 0 1 3 8 】

比較例 2 は、平均金属化率 9 0 w t % の半還元鉄を S R F にて仕上げ製錬する場合の例、比較例 3 は平均金属化率 0 w t % (予備還元率 3 3 %) のペレットを S R F にて仕上げ製錬する場合の例である。また、本発明例 1 ~ 3 は、平均金属化率 1 0 ~ 5 5 w t % の半還元鉄を S R F にて仕上げ製錬する場合の例である。ここで、S R F での最終還元は半還元鉄中の残留炭素以外に別途 S R F 内に供給された石炭で行なわれ、その反応と溶銑・スラグの溶解に必要な熱は前記還元反応により発生する一酸化炭素や石炭を酸素で燃焼させることにより与えられるものとした。また、S R F の発生ガス (発熱量:  $1000 \sim 1500 \text{ kcal} / \text{Nm}^3$ ) は回収ガスとして回収されて燃料ガスとして R H F に供給されるものとし、また、余剰の回収ガスは R H F や S R F のユーティリティや下工程 (製鋼・圧延・表面処理設備等) での必要なエネルギーとして利用されるものとした。また、スラグの塩基度調整に必要な石灰石やドロマイトの焼成は半還元鉄を製造する R H F で全量焼成することとし、塩基度調整に必要な量の生石灰や軽焼ドロマイトが原料とともに S R F に供給されるものとした。

また、上記本発明例、比較例ともに、R H F から払い出される半還元鉄 (ペレット) については、その温度低下と再酸化を防止するため密閉容器の収納された状態で溶解炉に移送されるものとした。

## 【 0 1 3 9 】

表 3 によれば、製銑 (R H F と溶解炉) 純消費エネルギーの観点から比較例 1

と本発明例 1～3 を比較すると、RHF-SAF プロセスである比較例 1 が 6 G c a l / t であるに対して、本発明例 1～3 はそれぞれ 4 . 8 G c a l / t 、 4 . 5 G c a l / t 、 4 . 2 G c a l / t であり、エネルギー効率が非常に高いことが判る。

## 【 0 1 4 0 】

一方、比較例 3 のように平均金属化率を 0 % まで下げると、製鉄純消費エネルギー量はさらに下がるが、余剰ガスが多量に発生するため下工程まで含めた製鉄所全体としても余剰ガスを処理できず、130 M c a l / t ものエネルギー放散を余儀なくされる。したがって、このエネルギー放散分を製鉄エネルギーに含めると、製鉄エネルギー消費量は却って増加してしまう。また、RHF-SRF プロセスであっても比較例 2 のように半還元鉄の平均金属化率を 9 0 w t % にまで増加させると、製鉄純消費エネルギー量は 5 . 6 G c a l / t と悪化してしまう。

## 【 0 1 4 1 】

また、エネルギーバランスの観点からは、半還元鉄の平均金属化率を本発明範囲よりも低く設定した比較例 3 の場合は、上述した通り製鉄所全体として見ても余剰ガスが発生してしまう。逆に、半還元鉄の平均金属化率を本発明範囲よりも高く設定した比較例 2 の場合は、RHF で必要なガス燃料も不足し、天然ガス等の高価なエネルギーで補填する必要がある。

これに対して、本発明例 1 は半還元鉄の平均金属化率を 5 5 w t % に設定した場合であるが、製鉄工程で必要なエネルギーがほぼバランスしている。これは、鉱石から鉄を製造し、鑄鉄やスラブとして外販する製鉄所にとって理想的かつ限界のエネルギーバランスである。

## 【 0 1 4 2 】

## 【発明の効果】

以上述べたように本発明の金属製錬法によれば、良好なエネルギー効果及びエネルギーバランスの下に、鉄鉱石などの金属酸化物及び／又は金属水酸化物を熔融還元して金属溶湯を安価に且つ高い生産性で製造することができる。

また、本発明の回転炉床式の予備還元炉は、金属化率が低い半還元鉄を高い生

産性で効率的に製造することができ、このため本発明の金属製錬法の実施に極めて好適な設備であると言える。

さらに、本発明の他の金属製錬法によれば、予備還元炉からの排ガス顕熱を利用して溶解炉に装入すべき副原料を焼成することができるとともに、排ガスの脱硫も行うことができるため、溶融還元のエネルギー効率を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

鉄鉱石と炭材の混合物原料の R H F 内滞留時間と製造される半還元鉄の金属化率との関係を示すグラフ

【図 2】

R H F で製造される半還元鉄の金属化率と、R H F - S A F プロセス、R H F - S R F プロセス、R H F、S R F 及び S A F における消費エネルギー原単位との関係を示すグラフ

【図 3】

R H F で製造される半還元鉄の金属化率と R H F - S A F プロセス及び R H F - S R F プロセスにおける溶銑製造コストとの関係を示すグラフ

【図 4】

R H F - S R F プロセスにおいて、R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率を 3 0 % とした場合のエネルギーバランスの一例を示す図面

【図 5】

R H F - S R F プロセスにおいて、R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率を 9 0 % とした場合のエネルギーバランスの一例を示す図面

【図 6】

R H F - S A F プロセスにおいて、R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率を 9 0 % とした場合のエネルギーバランスの一例を示す図面

【図 7】

R H F における原料の平均還元率及び半還元鉄の平均金属化率と、R H F の生産量、S R F の溶銑生産量及び S A F の溶銑生産量との関係を示すグラフ

【図 8】

R H F で製造される半還元鉄の平均金属化率と、S R F から発生するガス量（エネルギー換算量）及びR H F や製鋼工場以降の下工程で必要とされるガス量（エネルギー換算量）などとの関係を示すグラフ

【図 9】

S R F 内の発生ガスを想定した雰囲気ガスの酸化度と、当該雰囲気に一定時間曝された予備還元済みペレットの平均金属化率との関係を示すグラフ

【図 1 0】

S R F 内に混合物原料と炭材とを装入するに当り、両者が混在した状態で炉内を落下するように装入するための方法を示す説明図

【図 1 1】

R H F 還元帯内の雰囲気ガスの酸化度と平均金属化率 9 0 % を目標に製造されるペレットの最終平均金属化率との関係を示すグラフ

【図 1 2】

本発明の金属製錬法による R H F - S R F プロセスの一実施形態を示すフロー図

【図 1 3】

図 1 2 のフローにおいて、S R F 発生ガス及び支燃用酸素含有ガスを予熱して R H F に供給するための他の実施形態を示すフロー図

【図 1 4】

本発明の R H F の一実施形態を示す斜視図

【図 1 5】

図 1 4 に示す実施形態の R H F の原料装入口と原料払出口の配置を示す説明図

【図 1 6】

本発明の R H F の他の実施形態において、原料装入口と原料払出口の配置を示す説明図

【図 1 7】

従来タイプの R H F を示す斜視図

【図 1 8】

図 1 7 に示す R H F の原料装入口と原料払出口の配置を示す説明図



【図 1 9】

本発明に適用可能な R H F の好ましい操業方法の一実施形態を示すもので、原料払出部を炉壁を断面した状態で示す平面図

【図 2 0】

図 1 9 中の X I X - X I X 線に沿う断面図

【図 2 1】

本発明に適用可能な R H F の好ましい操業方法の他の実施形態を示すもので、原料層の縦断面図

【図 2 2】

本発明に適用可能な R H F の好ましい操業方法の他の実施形態を示すもので、原料層の縦断面図

【図 2 3】

本発明に適用可能な R H F の好ましい操業方法の他の実施形態を示すもので、原料装入口及び原料払出口の配置を示す説明図

【図 2 4】

図 2 3 の実施形態において原料装入口からの原料装入状況を示す説明図

【図 2 5】

本発明に適用可能な R H F の好ましい操業方法の他実施形態を示すもので、原料装入口、冷却材用の原料装入口及び原料払出口の配置を示す説明図

【図 2 6】

図 2 5 の実施形態において冷却材用原料装入口からの冷却材装入状況を示す説明図

【図 2 7】

溶解炉に装入すべき未焼成の副原料を、予備還元炉から排出された高温排ガスと接触させることにより焼成する金属製錬法の実施状況を示す説明図

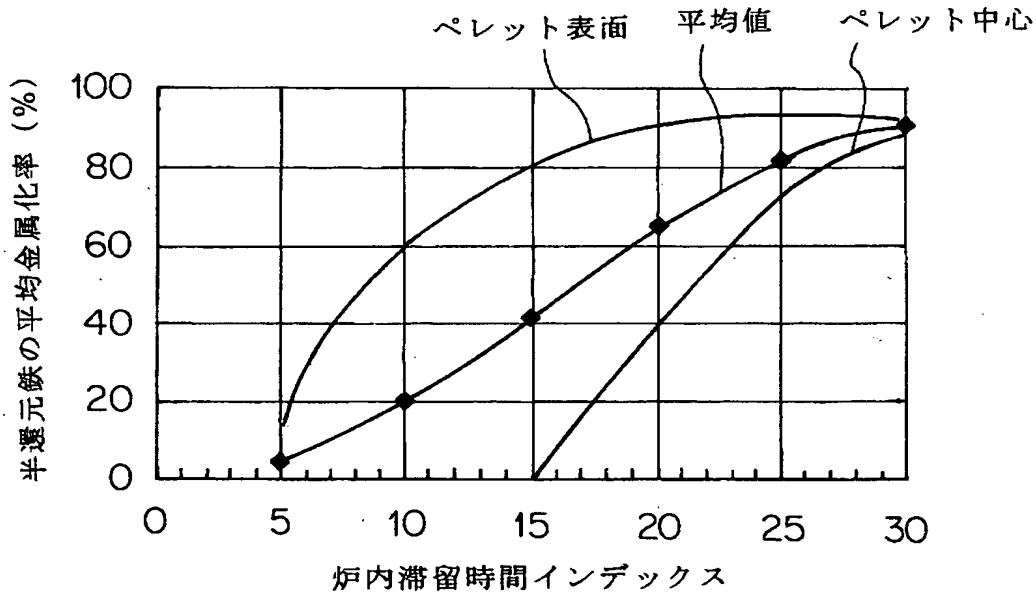
【符号の説明】

1 … 粉鉱石、2 … 石炭、3 … 粉碎装置、4 … ミキサー、5 … 昇熱器、6 … 原料排出装置、7, 7' … R H F、8 … 燃料ガス、8' … 支燃用酸素含有ガス、9 … 半還元鉄、10 … S R F、11 … 酸素ガス、12 … 溶銑、13 … 回収ガス、14

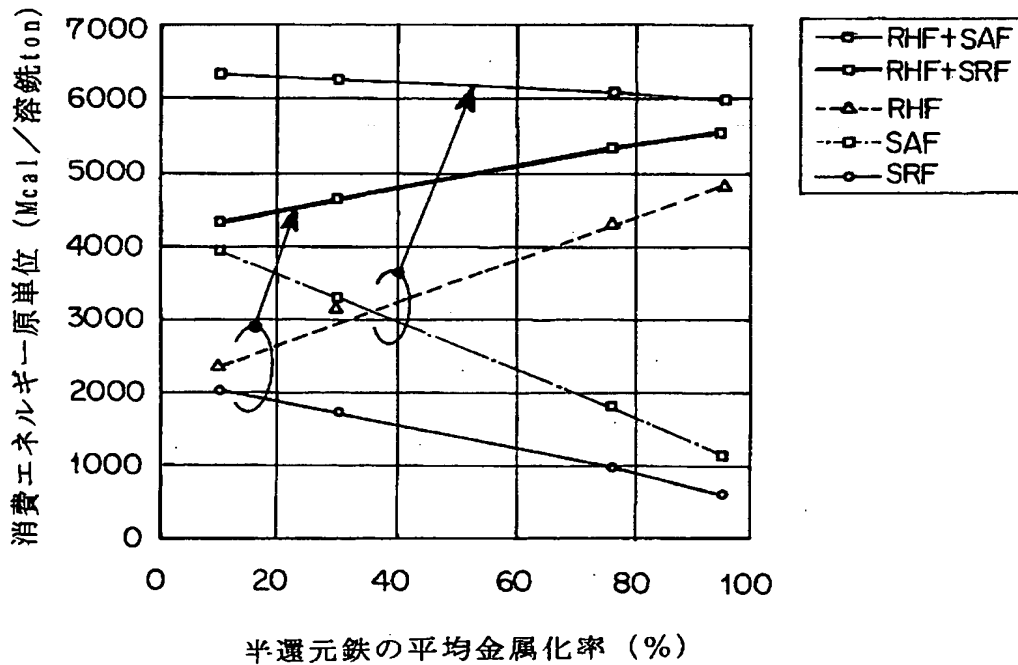
…余剰ガス、15…排ガス、16…原料払出口、17…ベルトコンベア、18…  
 排ガス煙突、19…粉碎装置、20…スクリー体、21…駆動装置、22…装  
 入管、22a…原料装入管部、22b…炭材装入管部、23A…原料装入管、2  
 3B…炭材装入管、24…装入管、24a…内管、24b…外管、25A…原料  
 装入管、25B…炭材装入管、27…燃焼排ガス、30…冷却装置、31…バー  
 ナー、60…ペレット、61…粉粒状混合物、62…ペレタイザー、71…回転  
 炉床、72…炉壁、151, 151a, 151b, 152, 153, 154…原  
 料装入口、A…原料層、B…ペレット、a…粉粒物層、b, c…最下層部、d…  
 装入物、e…冷却材

【書類名】 図面

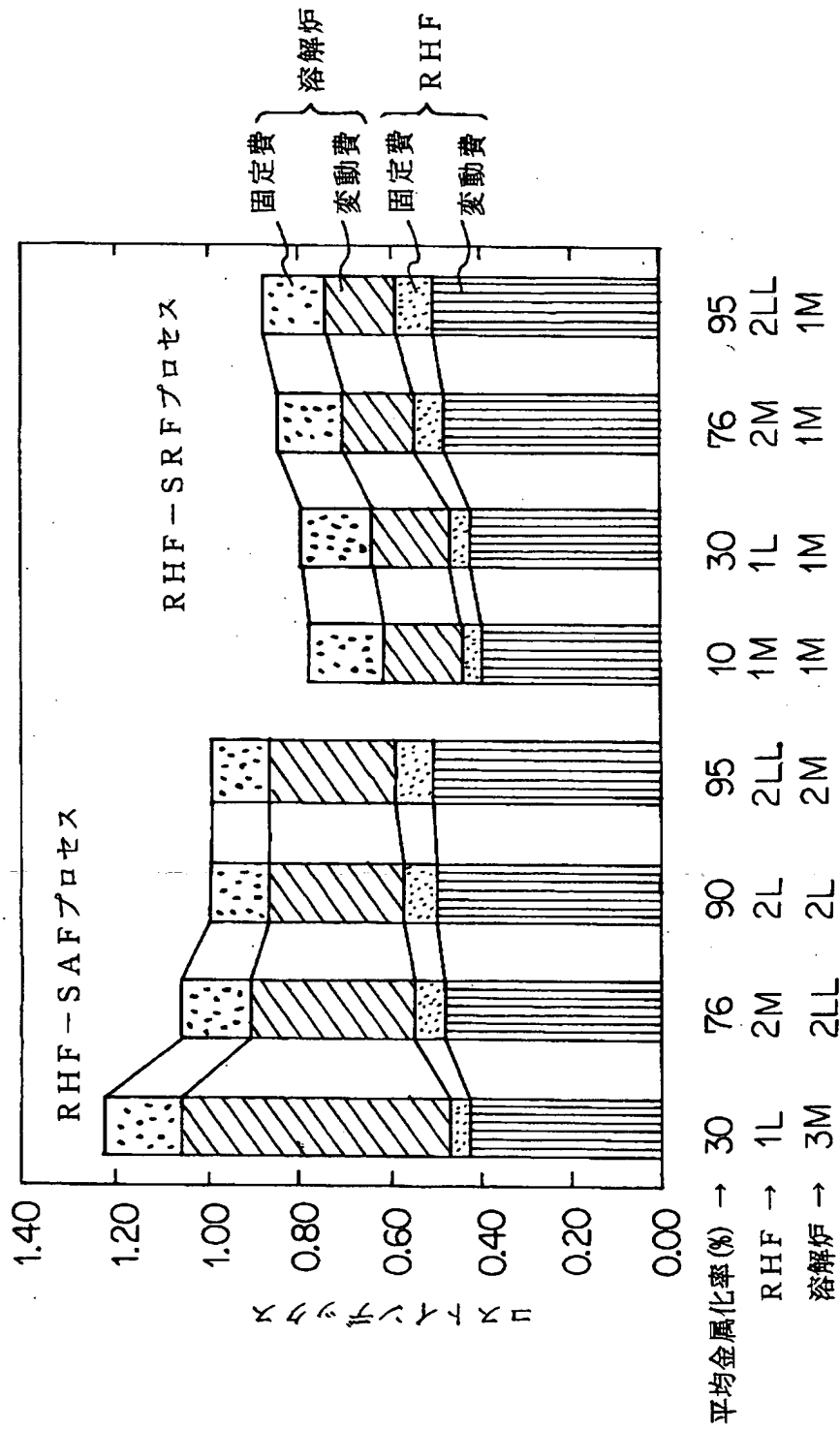
【図 1】



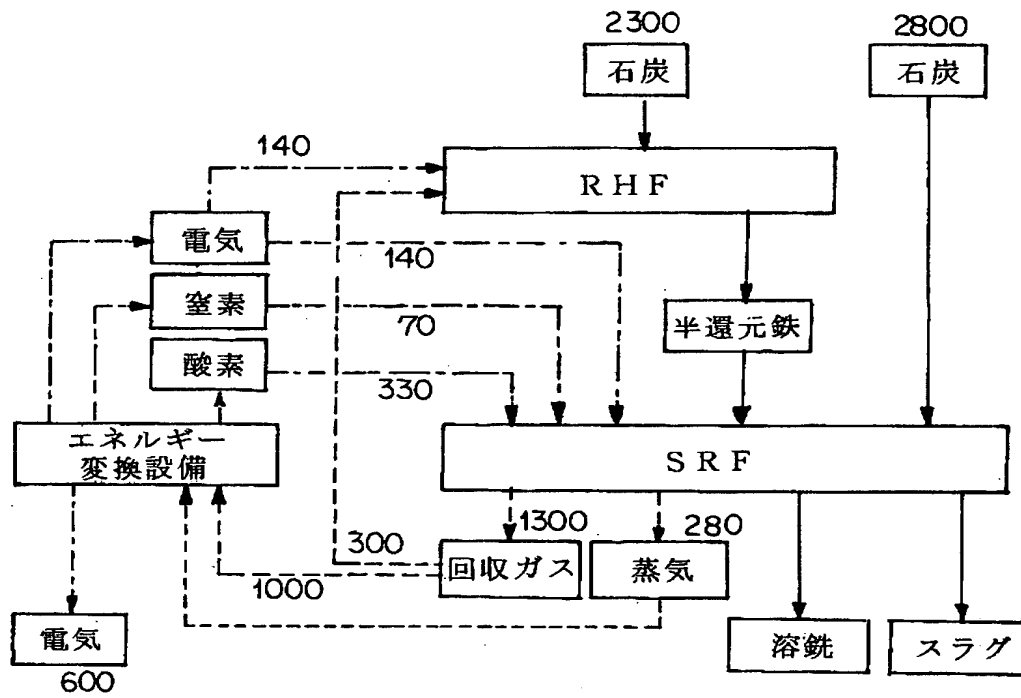
【図 2】



【図3】



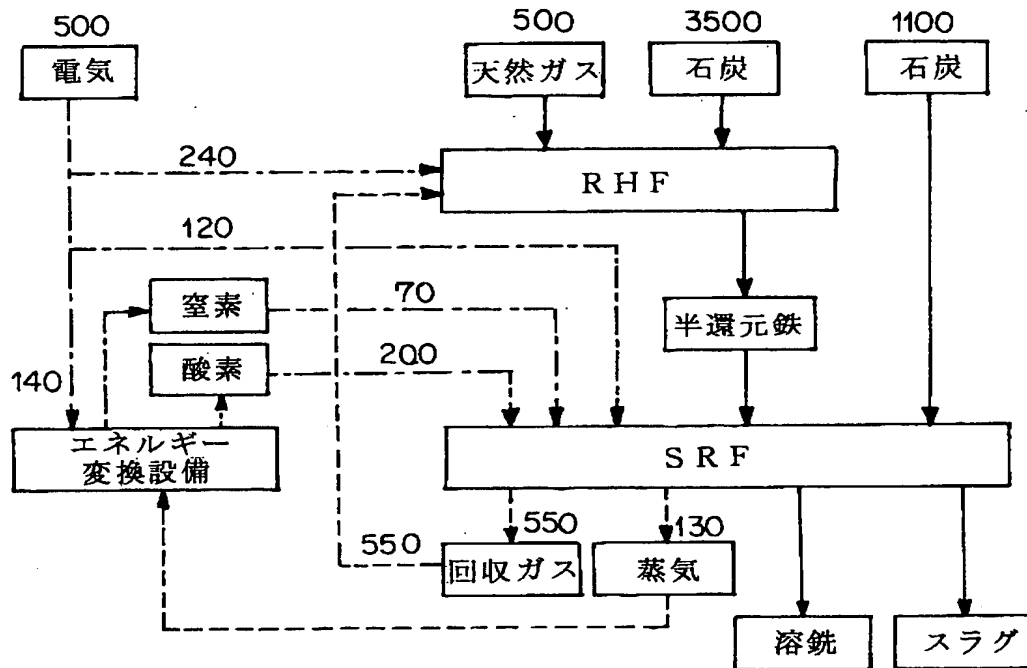
【図 4】



平均金属化率 = 30%

単位: Mcal / 溶鉄 ton

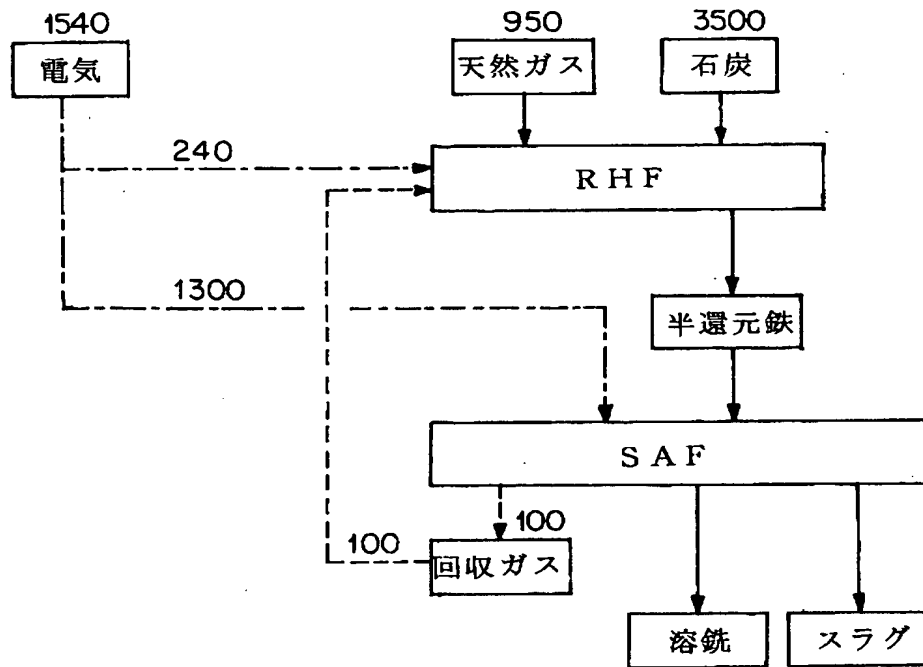
【図 5】



平均金属化率 = 90 %

単位 : Mcal / 溶銑 ton

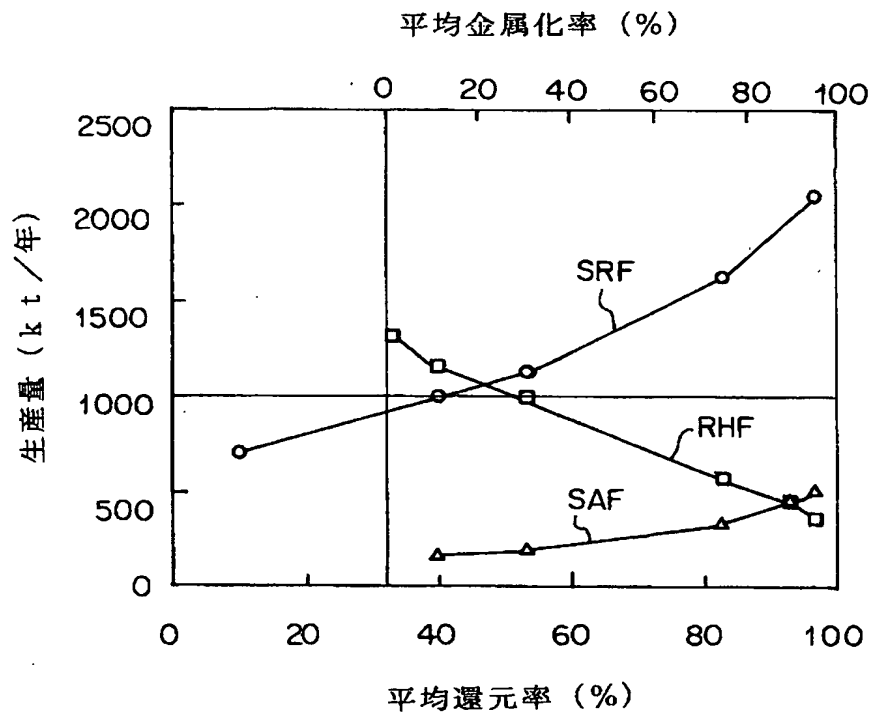
【図 6】



平均金属化率 = 90 %

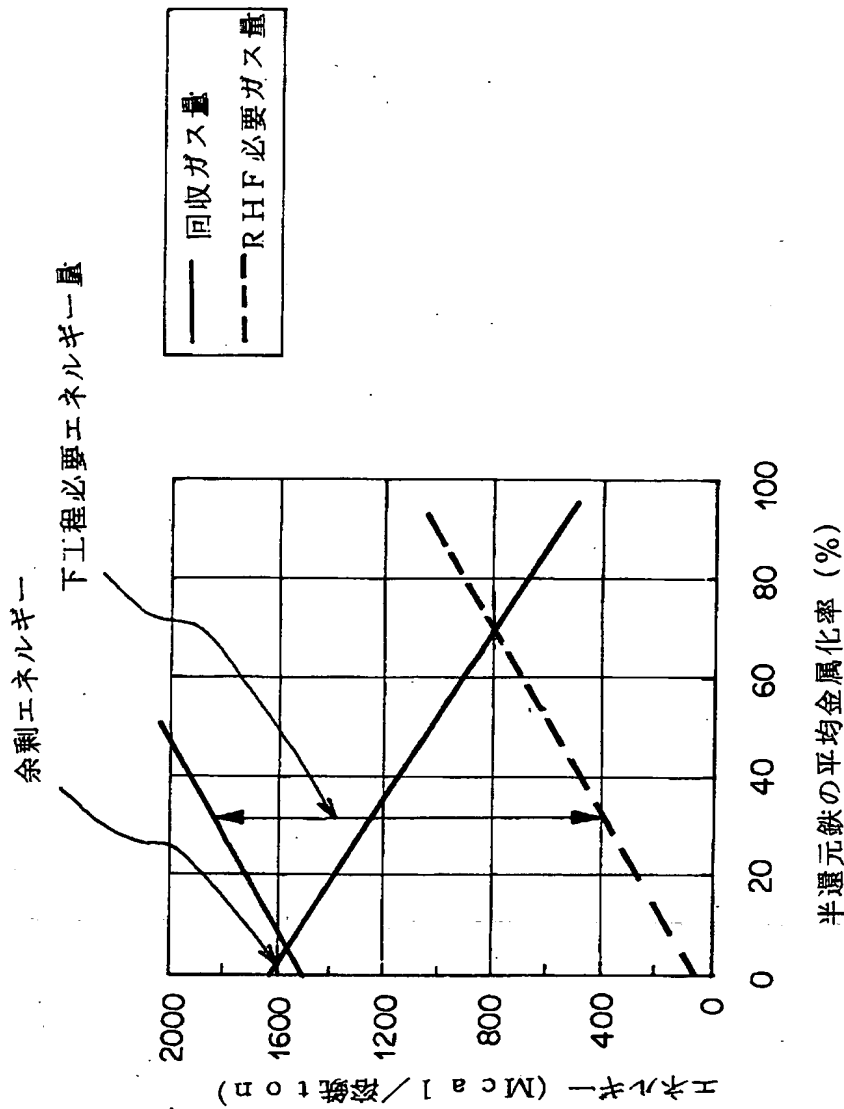
単位 : Mcal / 溶銑 ton

【図 7】



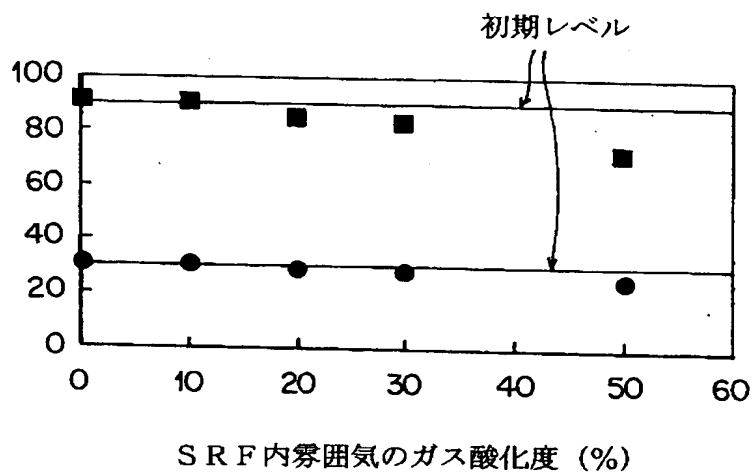


【図 8】

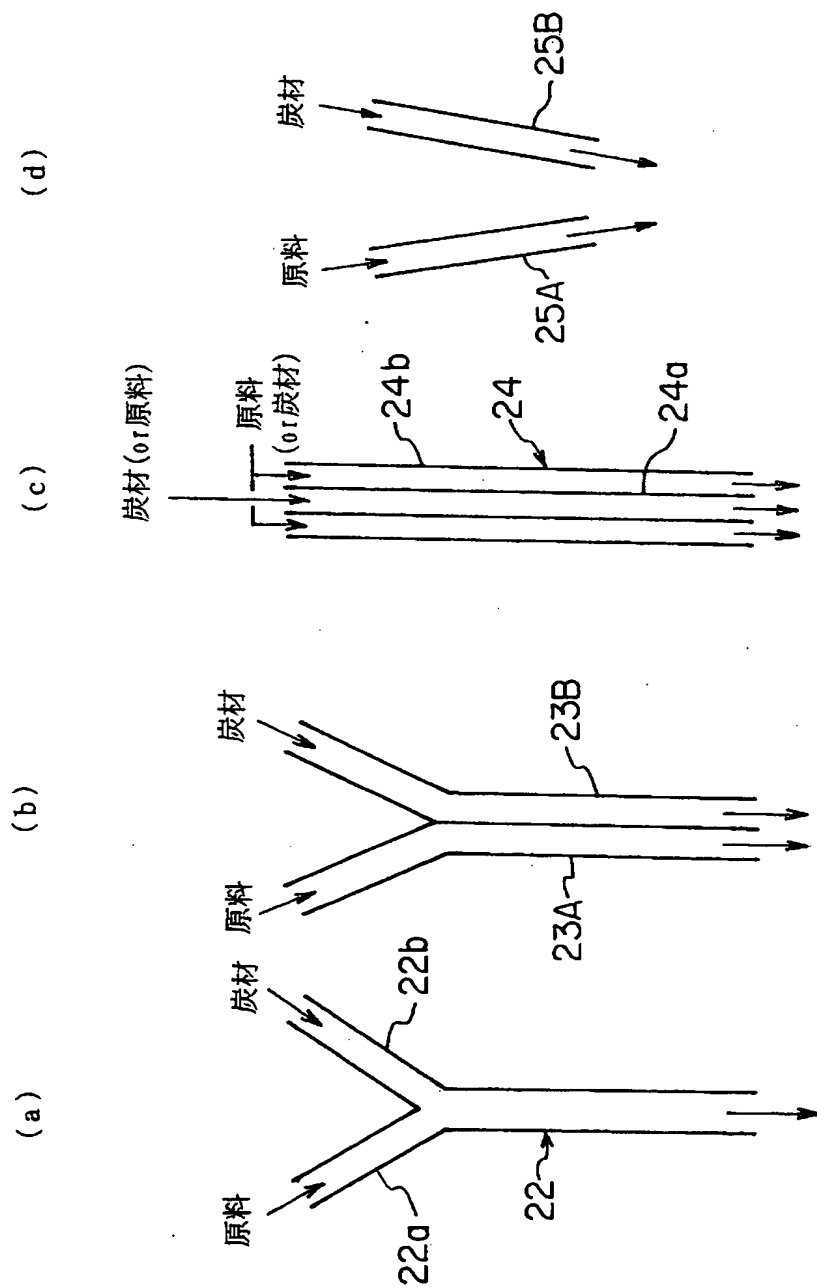


【図 9】

予備還元済みペレットの平均金属化率 (%)

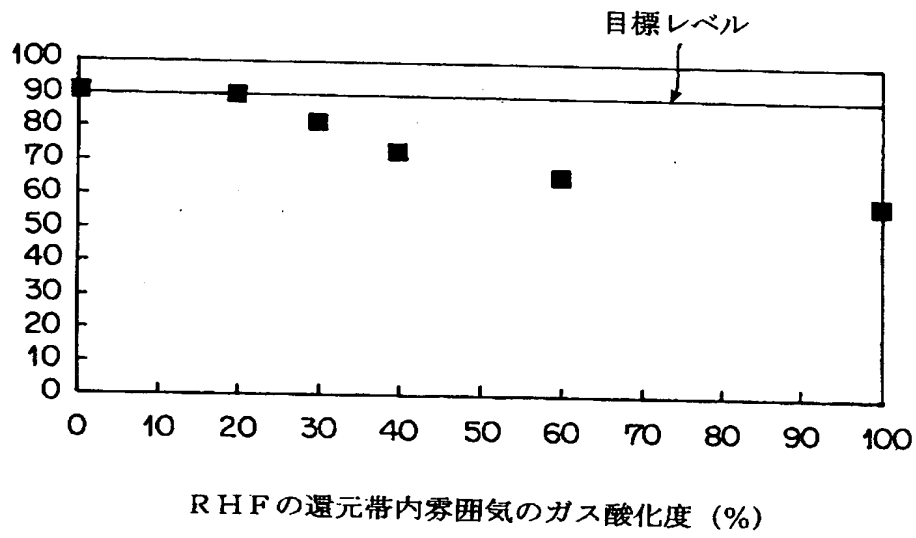


【図 1 0】

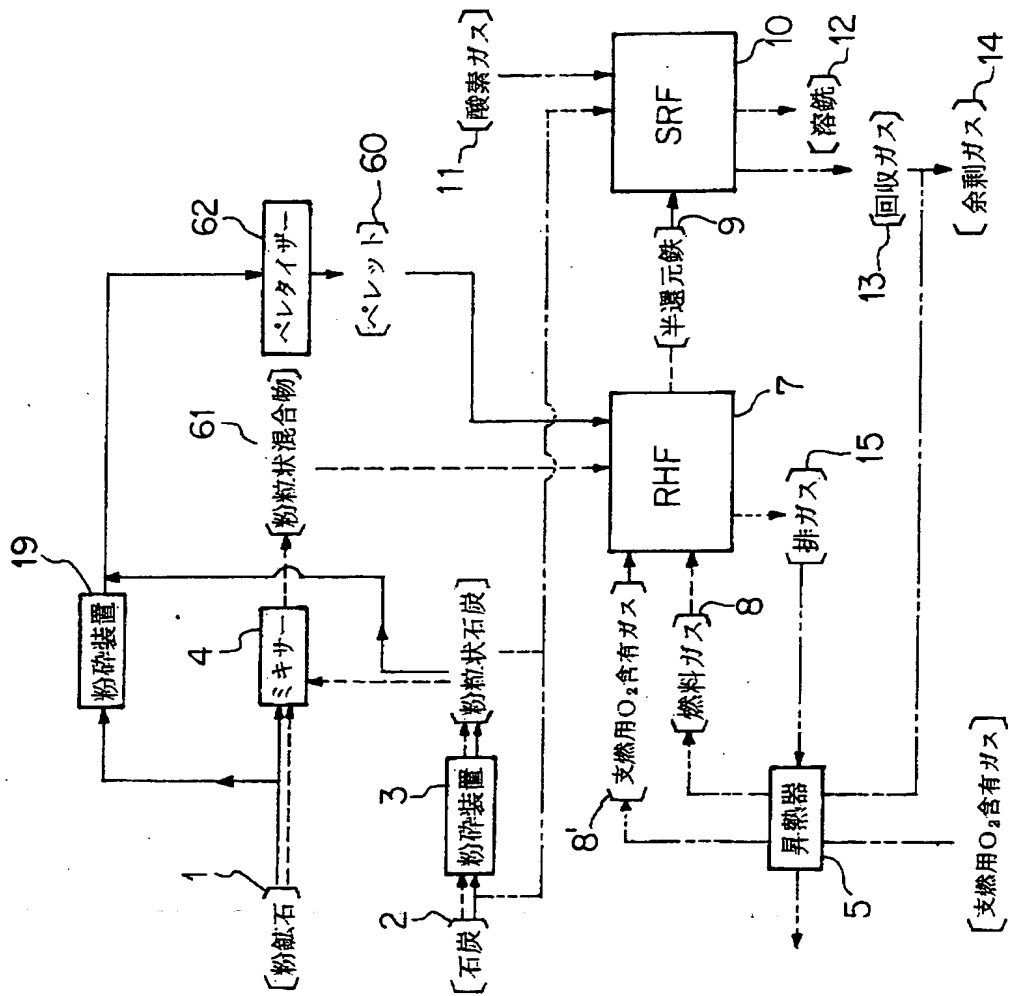


【図 1 1】

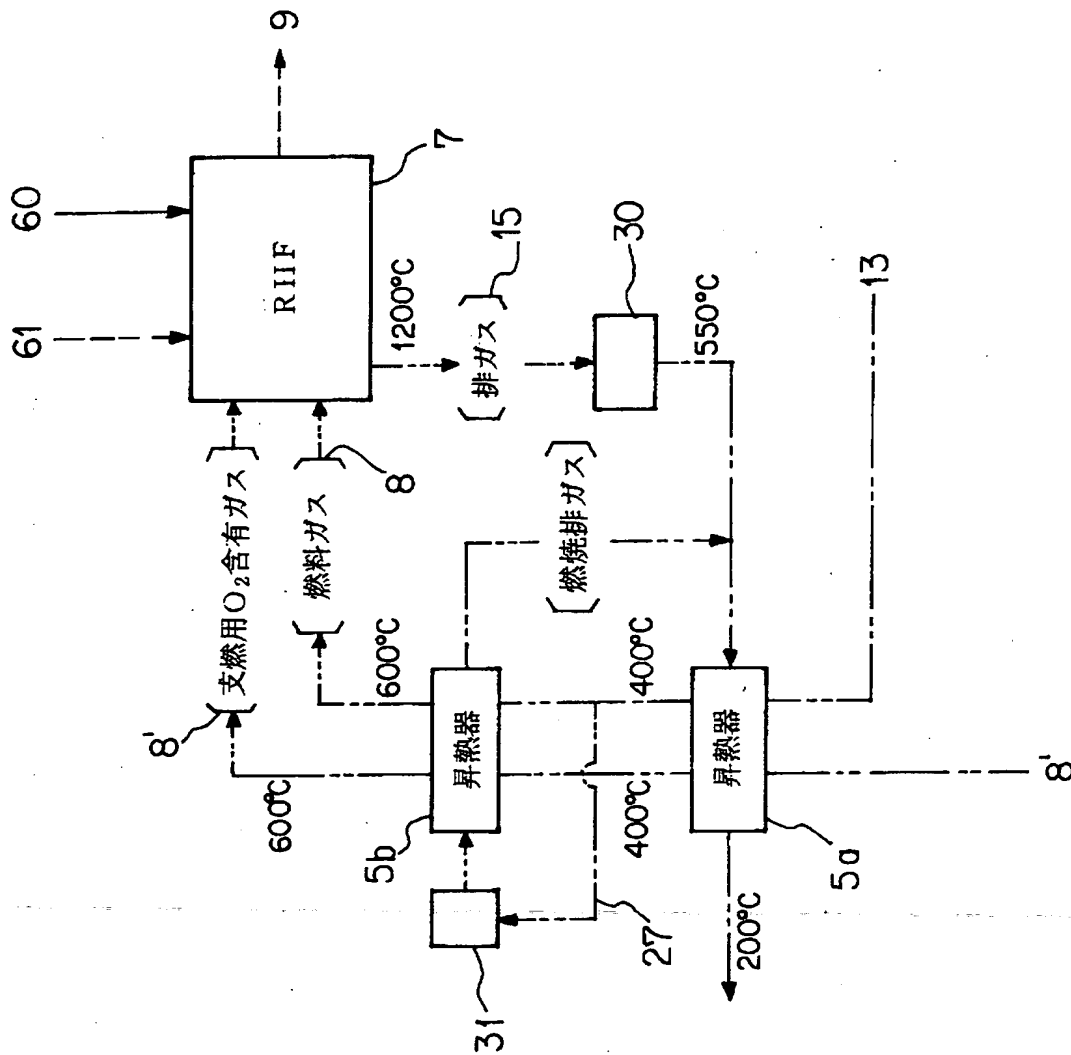
予備還元済みペレットの平均金属化率 (%)



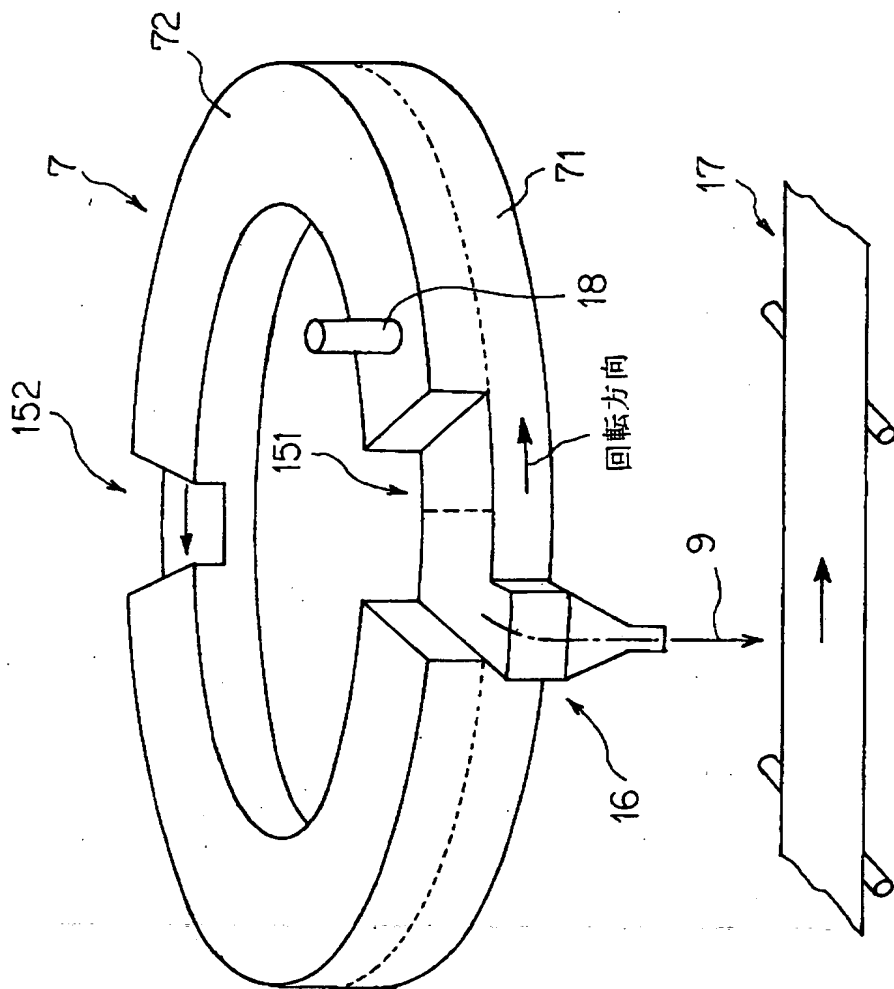
【図 1 2】



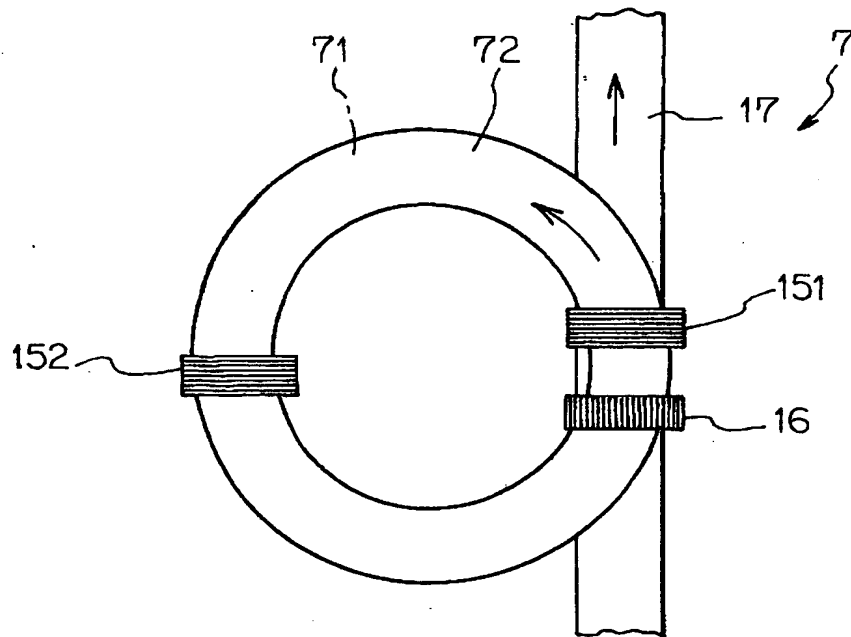
【図 13】



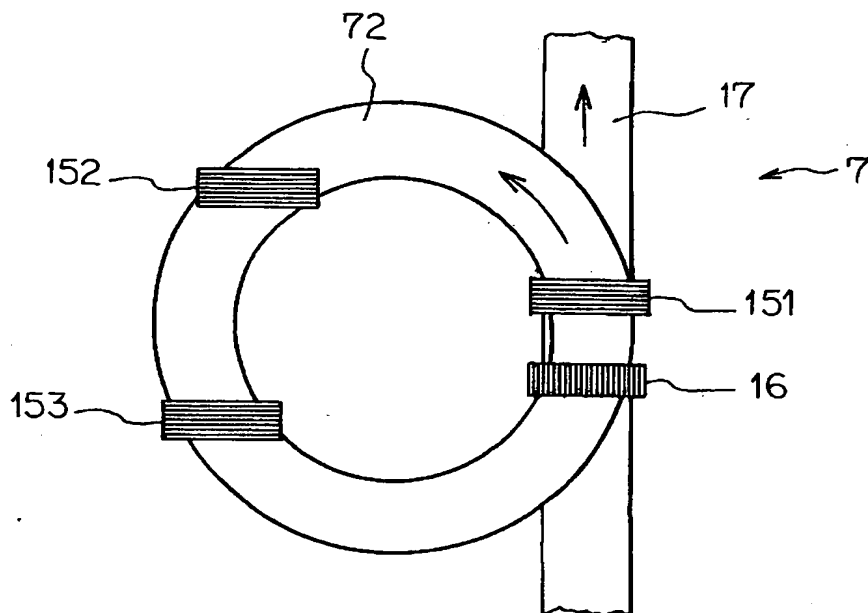
【図14】



【図 1 5】

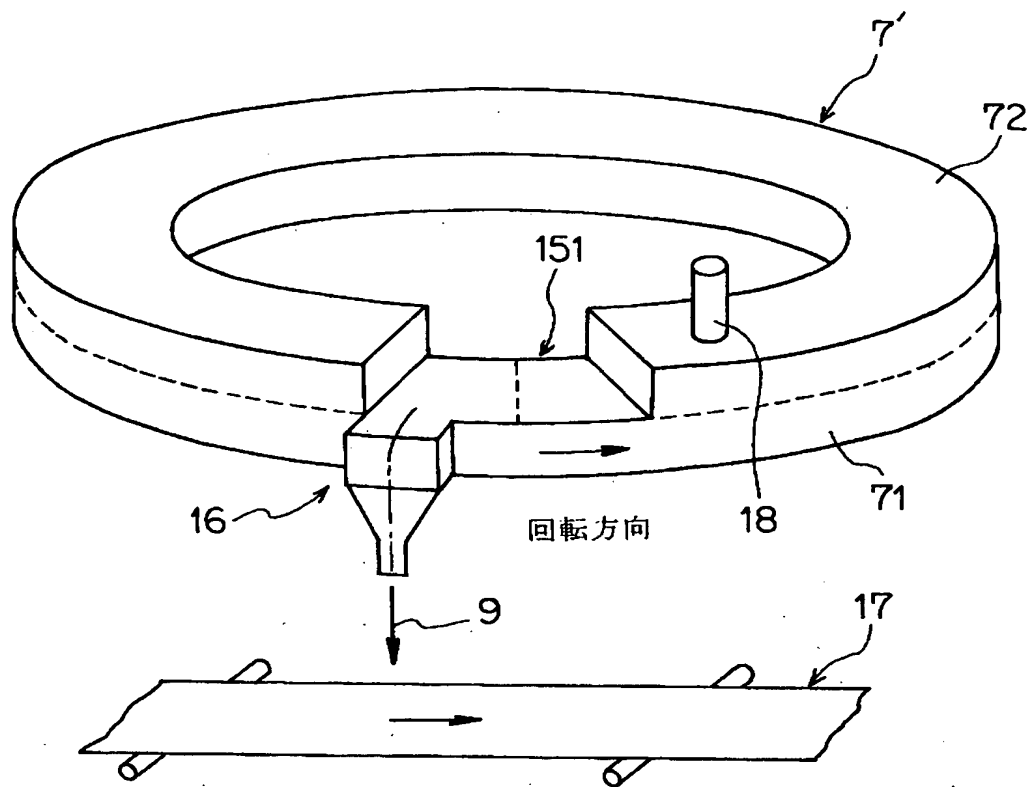


【図 1 6】

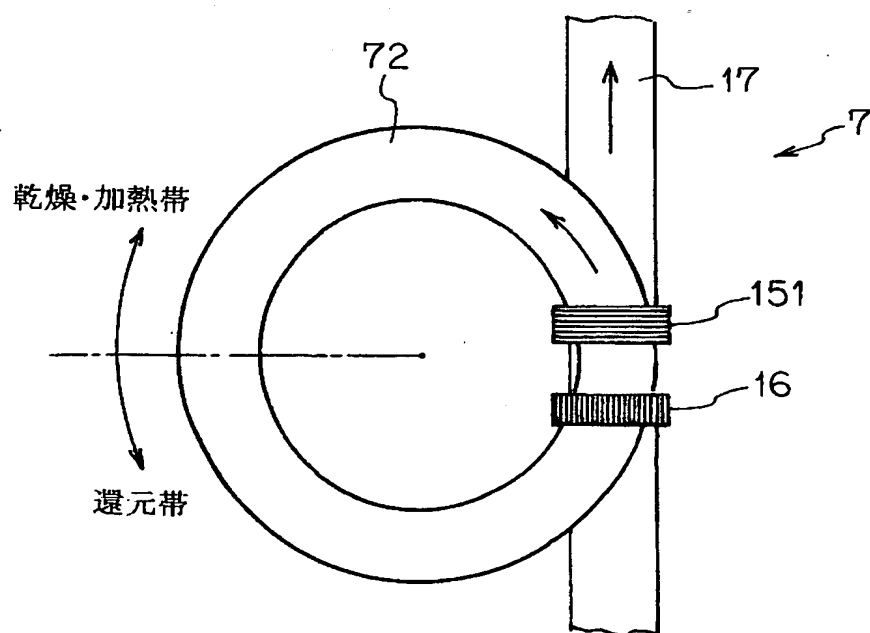




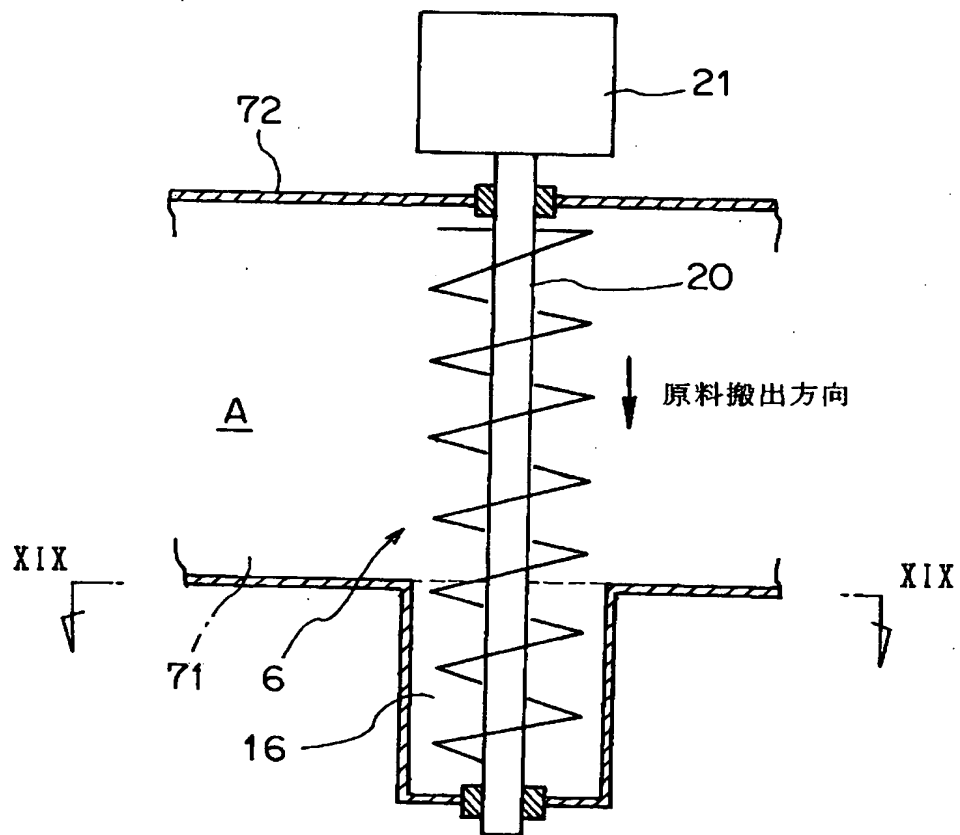
【図 17】



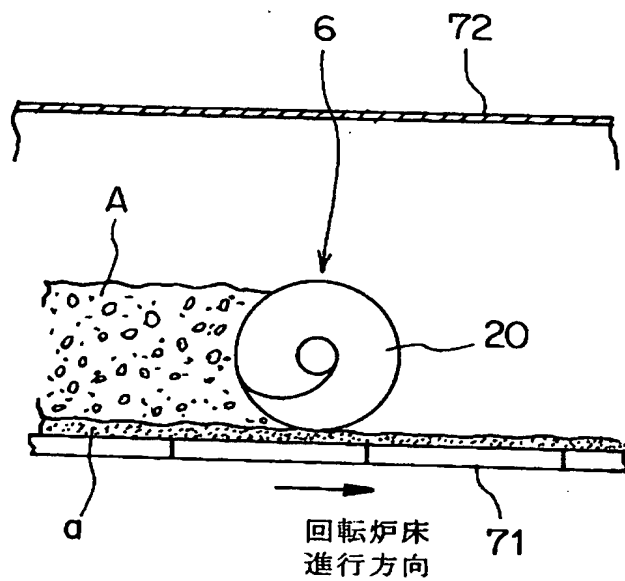
【図 18】



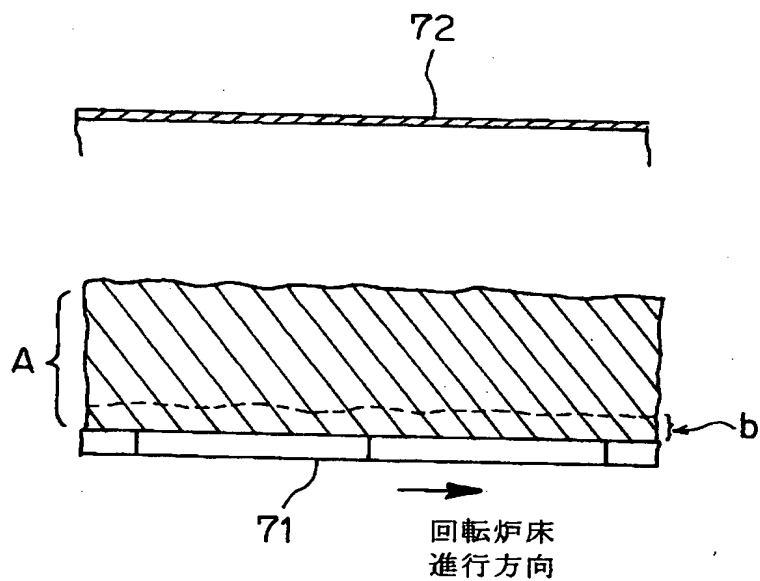
【図19】



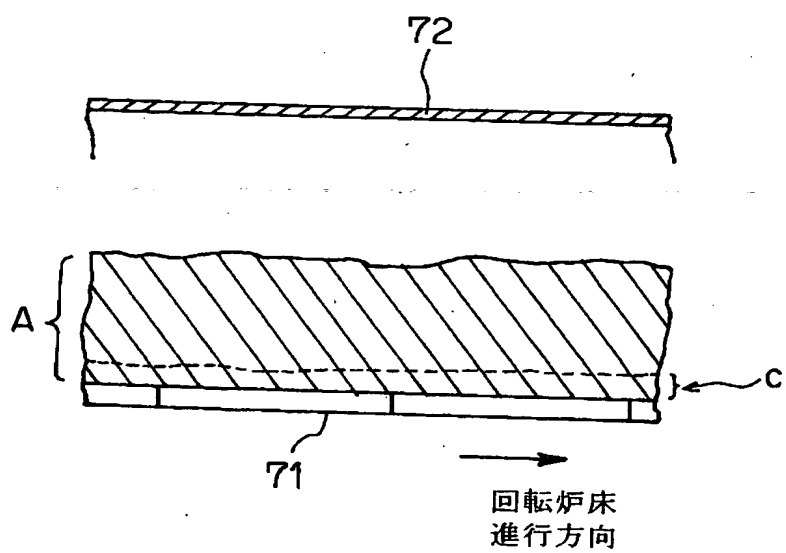
【図20】



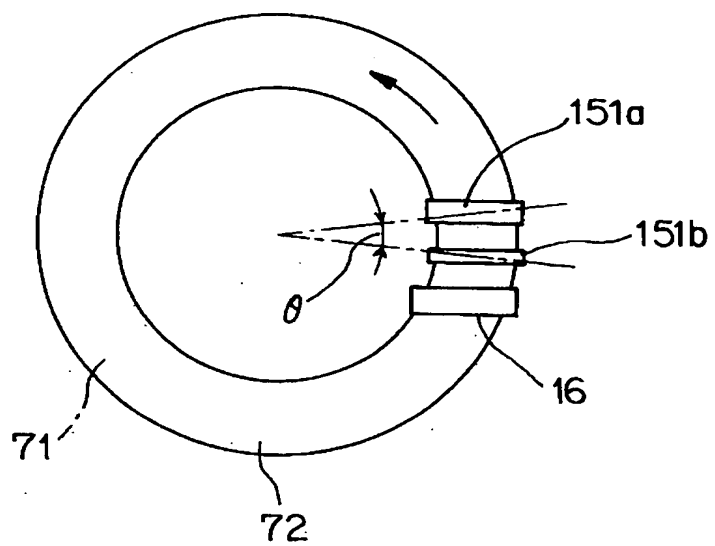
【図 2 1】



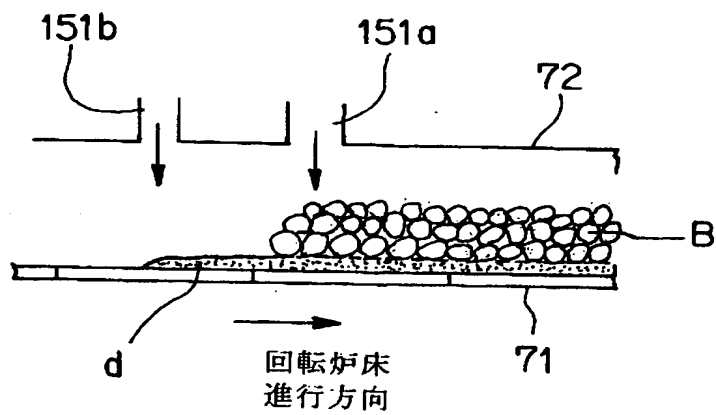
【図 2 2】



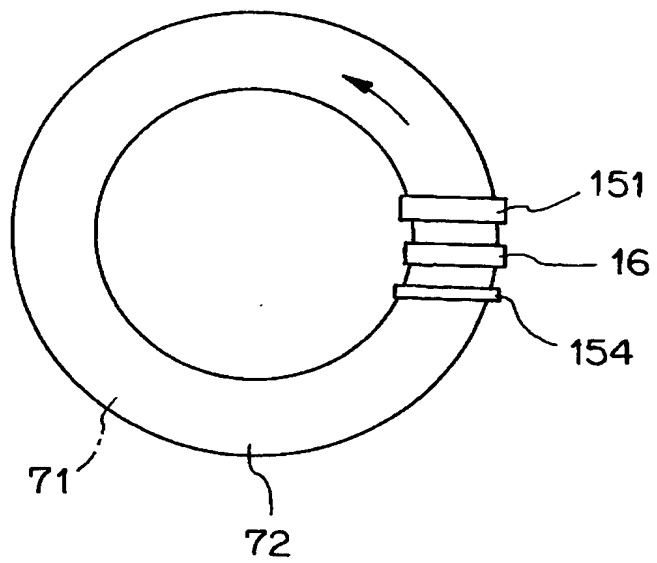
【図 23】



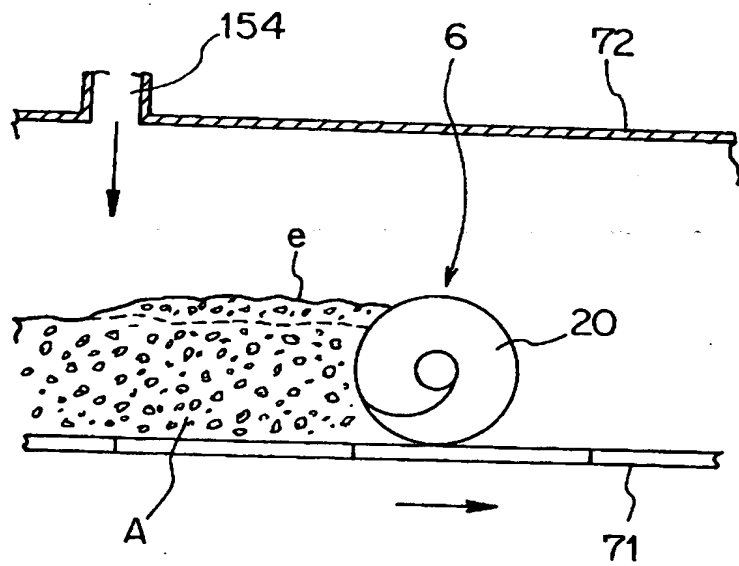
【図 24】



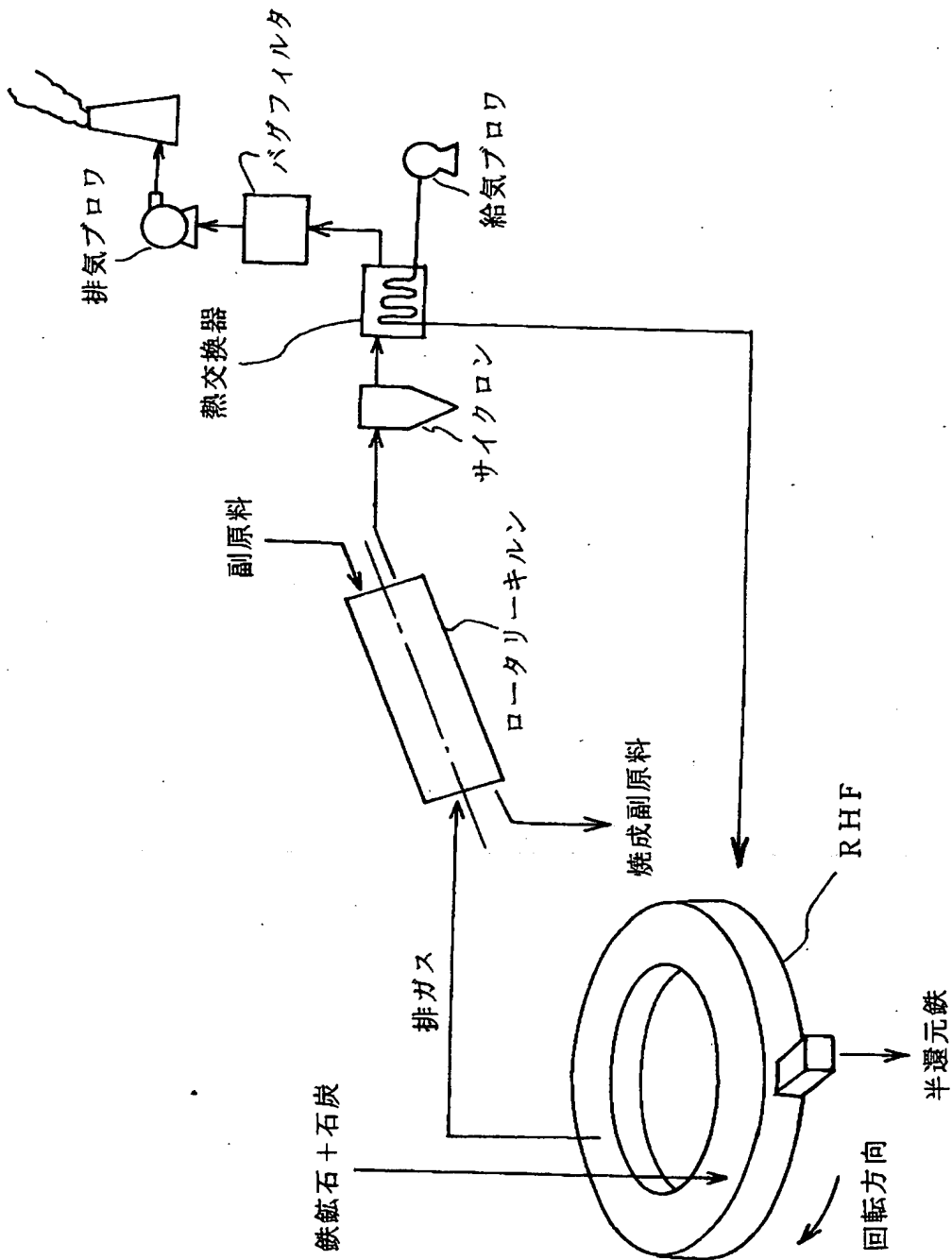
【図 2 5】



【図 2 6】



【図 27】



【書類名】                      要約書

【要約】

【課題】    鉄鉱石などの金属酸化物及び／又は金属水酸化物を熔融還元して金属溶湯を安価に且つ高い生産性で製造する。

【解決手段】    炭材と鉄鉱石などを予め混合し又は混合・造粒若しくは混合・成形して得られた混合物原料を、回転炉床式又はロータリーキルン式の予備還元炉において金属酸化物及び／又は金属水酸化物の平均金属化率が5～55%となるように予備還元し、この予備還元された混合物原料を金属製錬用の溶解炉に装入し、該溶解炉において炭材を還元材とし且つ該炭材の燃焼熱と炉内で発生する一酸化炭素の燃焼熱を主たる熱源として溶解及び最終還元することを特徴とし、これにより良好なエネルギーバランスと高い生産効率が達成できる。

【選択図】                      図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 0 - 2 1 4 2 4 1
受付番号	5 0 0 0 0 8 9 2 8 4 5
書類名	特許願
担当官	東海 明美 7 0 6 9
作成日	平成 1 2 年 7 月 2 1 日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000004123
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内一丁目 1 番 2 号
【氏名又は名称】	日本鋼管株式会社

【代理人】

申請人	
【識別番号】	100083253
【住所又は居所】	東京都中央区京橋 1 丁目 1 7 番 4 号 杉江ビル 9 階
【氏名又は名称】	苫米地 正敏



特 2000-214241

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004123]

1. 変更年月日 1990年 8月10日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内一丁目1番2号

氏 名 日本鋼管株式会社